



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**NÁVRH VYTÁPĚNÍ A NUCENÉHO VĚTRÁNÍ PRO
RODINNÝ DŮM DOUBRAVA**

HEATING AND VENTILATION IN THE "DOUBRAVA" FAMILY HOUSE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tereza Jirsová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Ústav: Energetický ústav
Studentka: **Bc. Tereza Jirsová**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Technika prostředí
Vedoucí práce: **doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh vytápění a nuceného větrání pro rodinný dům Doubrava

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Z hlediska infrastruktury zásobování domácností zemním plynem patří Česká republika k nejrozvinutějším zemím v Evropě i ve světě. Díky tomu se v posledních desetiletích stal zemní plyn hlavním zdrojem energie pro vytápění obytných budov. V místech bez přístupu k rozvodům zemního plynu, nebo v případech, kdy majitelé domů z různých důvodů nechtějí zemní plyn jako zdroj energie využívat, existuje řada jiných možností vytápění budov s vysokou úrovní komfortu a nízkými nároky na obsluhu.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je navrhnout vhodný zdroj tepla a otopnou soustavu pro samostatně stojící rodinný dům bez možnosti připojení k rozvodům zemního plynu a také pro tento dům navrhnout systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla. V práci budou rovněž posouzeny možnosti využití obnovitelných zdrojů energie. Pro zvolené řešení, a jeho případné alternativy, budou provedeny potřebné technické výpočty a bude zpracována výkresová dokumentace.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 12831-1 - Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3.

BAŠTA, Jiří. Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě. Praha: GAS, 2001. ISBN 80-86176-83-5.

SZÉKYOVÁ, Marta. Větrání a klimatizace. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-037-3.

CHYSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. Větrání a klimatizace. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901574-0-8.

2013 ASHRAE handbook: Fundamentals. S.I. Editions: ASHRAE, 2013. ISBN 978-1-936504-47-3.

ZMRHAL, Vladimír. Větrání rodinných a bytových domů. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4573-2.

GEBAUER, Günter. Vzduchotechnika. Brno: Era, 2005. ISBN 9788073660277.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vytvořením návrhu vytápění a nuceného větrání pro projekt rodinného domu Doubrava. V prvních dvou kapitolách je krátce shrnuta teorie a popsán projekt rodinného domu. Další kapitolu tvoří návrh systému nuceného rovnotlakého větrání se zpětným ziskem tepla a vlhkosti. Následně je proveden výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností dle normy ČSN EN 12831-1. Další část práce se zabývá návrhem otopné soustavy a zdroje tepla pro zvolený rodinný dům. Je zde vytvořen podrobný návrh teplovodního podlahového vytápění, včetně potřebných výpočtů, a zvolen konkrétní typ tepelného čerpadla, jako zdroje pro vytápění a ohřev teplé vody. Součástí kapitoly je také navržení potřebných zabezpečovacích zařízení a orientační výpočet velikosti primárního okruhu. Poslední část práce se zabývá možnostmi využití obnovitelných zdrojů energie. Přílohu práce tvoří především podrobné technické výpočty, potřebné pro návrh obou systémů, a také výkresy návrhu větrání a vytápění a tabulky pořizovacích nákladů.

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the design of heating and forced ventilation for the project of the family house Doubrava. In the first two chapters is briefly described the theory and there is also described the project of the family house. The next chapter deals with the design of the forced equal pressure ventilation with the heat and moisture recovery. Then the heat loss are calculated according to the norm ČSN EN 12831-1. The next part is focused on the design of heating system and the heat source for the family house Doubrava. There is described detailed design of the floor heating, including necessary calculations, and also the type of the heat pump, as the heat source and source for hot water heating, is chosen. This part also contains a selection of expansion tank and safety valve and approximate calculation of the size of the primary circuit. The last part deals with the possibilities of using renewable energy sources. At the end of the thesis, there are more detailed results of the calculations and the mechanical drawings of individual designs of the ventilation and heating system and also there are tables of the acquisition costs.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, nucené větrání, tepelné čerpadlo, podlahové vytápění, rekuperace, tepelné ztráty.

KEYWORDS

Heating, forced ventilation, heat pump, floor heating, recuperation, heat loss.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JIRSOVÁ, Tereza. *Návrh vytápění a nuceného větrání pro rodinný dům Doubrava* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132753>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Pavel Charvát.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh vytápění a nuceného větrání pro rodinný dům Doubrava vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

20. května 2021

podpis

.....

Tereza Jirsová

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Charvátovi, Ph.D., za cenné rady a připomínky při vypracování této diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat za technické konzultace pracovníkům firem Družstevní závody Dražice-strojírna s. r. o. Divize NIBE a Zehnder Group Czech Republic s. r. o.

Velký dík patří také mé rodině, za veškerou podporu při mém studiu.

OBSAH

ÚVOD	11
1 TEORIE POTŘEBNÁ PRO NÁVRH	12
1.1 VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ	12
1.1.1 <i>Princip funkce tepelných čerpadel</i>	12
1.1.2 <i>Typy tepelných čerpadel</i>	13
1.2 ZPŮSOBY VĚTRÁNÍ RODINNÝCH DOMŮ/BYTŮ	14
1.2.1 <i>Nucené větrání RD a bytů</i>	14
1.3 POSTUP STANOVENÍ MNOŽSTVÍ VĚTRACÍHO VZDUCHU	15
2 POPIS OBJEKTU	16
2.1 PARAMETRY KONSTRUKCE	18
2.2 NÁVRH MNOŽSTVÍ VĚTRACÍHO VZDUCHU	19
3 NÁVRH VĚTRÁNÍ	21
3.1 CENTRÁLNÍ VĚTRACÍ JEDNOTKA	21
3.2 DALŠÍ KOMPONENTY PRO DISTRIBUCI VZDUCHU	22
3.3 TLAKOVÉ ZTRÁTY	24
3.4 OVLÁDÁNÍ A REGULACE SYSTÉMU VĚTRÁNÍ	28
3.5 ZHODNOCENÍ NÁVRHU VĚTRÁNÍ	28
4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	30
4.1 TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM	30
4.1.1 <i>Vzorový výpočet tepelné ztráty prostupem pro místnost 108</i>	33
4.2 TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM	35
4.2.1 <i>Vzorový výpočet tepelné ztráty nuceným větráním pro místnost 108</i>	40
5 NÁVRH VYTÁPĚNÍ	43
5.1 NÁVRH PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ	43
5.1.1 <i>Výpočet podlahového vytápění</i>	43
5.2 ZDROJ TEPLA	54
5.2.1 <i>Tlakové ztráty od zdroje k rozdělovačům</i>	54
5.3 NÁVRH OBĚHOVÉHO ČERPADLA	55
5.4 NÁVRH ZABEZPEČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ	55
5.4.1 <i>Expanzní nádoba</i>	56
5.4.2 <i>Pojistný ventil</i>	57
5.5 DIMENZOVÁNÍ PRIMÁRNÍHO OKRUHU	58
5.5.1 <i>Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody</i>	58
5.5.2 <i>Roční potřeba tepla na vytápění</i>	58
5.5.3 <i>Návrh plošného zemního kolektoru</i>	59
5.6 REGULACE SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ	60
5.7 ZHODNOCENÍ NÁVRHU VYTÁPĚNÍ	61

6 POSOUZENÍ MOŽNOSTÍ VYUŽITELNOSTI OZE	62
ZÁVĚR	64
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	65
SEZNAM OBRÁZKŮ	67
SEZNAM TABULEK	68
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	69
SEZNAM PŘÍLOH	76

ÚVOD

V dnešní době, kdy člověk tráví většinu svého času ve vnitřních prostorách budov, je stále větší důraz kladen na jejich technické zařízení. Uvnitř budov je třeba člověku vytvořit vhodné podmínky pro pobyt a vykonávání různých činností. Dříve se u staveb povětšinou navrhovaly pouze systémy vytápění, v opodstatněných případech bylo navíc řešeno větrání, či chlazení budovy. Systémy chlazení a větrání se však většinou instalovaly pouze pro průmyslové účely, nebo na místa s větší koncentrací lidí, jako jsou obchodní domy, kina, divadla, sportovní haly, atd.

S postupem času, vývojem stavebnictví a nových norem a zákonů, kdy je při výstavbě rodinných domů kladen velký důraz na jejich vzduchotěsnost a dobré izolační vlastnosti obálky, již není potřeba navrhovat jen systémy vytápění, ale řeší se i způsob větrání rodinných domů, a případně jejich chlazení v letních měsících.

U moderních novostaveb není vhodné větrat pomocí otevřených oken, jelikož by v zimních měsících docházelo k nárůstu tepelných ztrát, a tím ke zvýšení spotřeby energie pro vytápění. Z tohoto důvodu se v novostavbách dnes s výhodou využívá větracích systémů s rekuperací tepla. Jinými slovy lze tento systém označit jako systém zpětného získávání tepla (ZZT) z odpadního vzduchu. Toto teplo se předává ve výměníku rekuperačního zařízení vzduchu čerstvému, který je přiváděn zvenku do budovy.

Se snižováním tepelných ztrát novostaveb v důsledku využívání stavebních materiálů s velmi dobrými tepelně-izolačními vlastnostmi a využívání ZZT, se také mění způsob vytápění těchto domů. Ve velké míře se využívají nízkoteplotní velkoplošné systémy vytápění, jako je podlahové či stěnové vytápění, nebo je dům vytápěn teplým vzduchem. Velkoplošné otopné systémy nevyžadují příliš vysoké teploty otopného média na výstupu ze zdroje, a proto je vhodné jako zdroj využít tepelné čerpadlo (TČ). Náklady na pořízení TČ jsou značně vysoké, ale následná spotřeba energie při jeho provozu je výrazně nižší, než při použití klasických zdrojů tepla pro vytápění.

1 TEORIE POTŘEBNÁ PRO NÁVRH

V této kapitole je krátce popsána teorie, potřebná pro následný návrh vytápění a větrání. Pozornost je zde věnována především tepelným čerpadlům, jednotlivým typům nuceného větrání a stanovení množství přiváděného větracího vzduchu pro rodinný dům (RD).

1.1 Vytápění rodinných domů

V České republice je převážná většina instalovaných otopných soustav teplovodních. Teplo-vzdušný způsob se pro vytápění RD začal využívat teprve nedávno. Tento typ se instaluje především do nízkoenergetických a pasivních domů, a kombinuje se se systémem nuceného větrání, kdy je možné pomocí rozvodů vzduchu vytápět (případně chladit) a také větrat. Při vytápění RD vzduchem absentuje sálavá složka tepelného toku, což ve starších domech se stěnami s velkou akumulační schopností a horší tepelnou izolací, negativně ovlivňuje tepelnou pohodu člověka.

Základním parametrem pro návrh otopné soustavy jsou tepelné ztráty domu, potažmo místností, které mají být vytápěny. Pokud známe tepelné ztráty, je následně třeba určit, jakým způsobem bude dům vytápěn, stanovit zdroj tepla, a u teplovodního vytápění také typy otopných ploch. Při volbě zdroje tepla pro vytápění RD, a případně pro ohřev teplé vody, je na trhu na výběr mnoho variant. Ve starších domech bývají často instalovány kotle na tuhá paliva nebo klasické plynové kotle. Mezi novější zdroje se řadí především elektrokotle, plynové kondenzační kotle nebo kotle na biomasu. Stále více se také využívají tepelná čerpadla v kombinaci s podlahovým vytápěním, což je pro novostavby s nízkými tepelnými ztrátami, vedle teplovzdušného vytápění, jeden z nejvhodnějších způsobů vytápění.

V této kapitole bude krátce popsán princip funkce a jednotlivé typy tepelných čerpadel, jelikož bude tento typ zdroje dále navržen jako zdroj tepla pro RD Doubrava.

1.1.1 Princip funkce tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo je zařízení, které slouží především pro vytápění a ohřev teplé vody, případně pro chlazení domu v létě. Podstatnou část energie získává z okolního prostředí, kterým může být vzduch, voda nebo země. Aby byl zisk tepla dostatečný, je třeba nízkoteplotní energii z okolního prostředí převést na vyšší energetickou hladinu a dodat navíc určitou část další energie (většinou elektrické) [1]. Převodu na vyšší energetickou hladinu lze docílit pomocí okruhu s výparníkem, kondenzátorem, kompresorem a expanzním ventilem.

Existuje několik typů tepelných čerpadel. Vždy závisí na druhu prostředí, odkud čerpají teplo, a na typu média, kterému teplo předávají. Dle toho se TČ běžně označují dvěma slovy, kdy na prvním místě je uveden primární nízkopotenciální zdroj energie, kterým je země, voda nebo vzduch a druhé slovo v názvu značí typ ohřívajícího média, kterým je většinou voda, případně vzduch [1]. Jako příklad lze uvést například TČ země-voda, kdy je odebírána energie ze země pomocí vrtu nebo plošného zemního kolektoru, a ta je pak dále předávána vodě do otopného systému.

Účinnost tepelných čerpadel pro vytápění charakterizuje takzvaný topný faktor, který se značí COP (Coefficient of Performance). Udává poměr vyprodukovaného tepla ku spotřebě energie (poměr topného výkonu ku příkonu), a je jedním z nejdůležitějších faktorů při hodnocení účinnosti TČ. Čím vyšší topný faktor je, s tím vyšší účinností tepelné čerpadlo pracuje. Hodnota COP se běžně pohybuje v rozmezí od 2,5 do 5, ale závisí nejen na typu TČ, ale také na podmínkách, pro které je udáván (teplota primárního zdroje a teplota ohřívajícího média) [2].

Tyto podmínky musí být vždy jasně definované. Dále se také uvádí sezónní topný faktor SCOP, který lépe vyjadřuje účinnost tepelného čerpadla během celé topné sezóny.

1.1.2 Typy tepelných čerpadel

Vzduch-vzduch

Tento typ se řadí mezi typy s nejnižším COP. energii odebírá venkovnímu vzduchu a předává ji vzduchu vnitřnímu. Spíše než pro vytápění se používá pro chlazení domů v horkých letních dnech a označuje se jako klimatizace, i když se o skutečnou klimatizaci dle definice nejedná [2].

Pokud už je tento typ využit pro vytápění, pak spíše pro malé byty nebo chaty a chalupy. Do této skupiny lze také zařadit systém pro rekuperaci tepla a TČ, určená pro vzduchotechnické jednotky [2].

Vzduch-voda

Topný faktor tohoto TČ je velmi závislý na teplotě venkovního vzduchu, ze kterého odebírá energii. Se snižující se venkovní teplotou topný faktor klesá. Při vytápění domu tímto typem TČ se v projektu navrhuje také záložní zdroj tepla, který se spíná, pokud venkovní teplota klesne pod určitou hodnotu (bod bivalence). Instalace tohoto typu TČ je mnohem jednodušší, než u typu země-voda. TČ vzduch-voda je konstruováno buď jako celek (zařízení je umístěno celé venku nebo uvnitř budovy), nebo jako tzv. split, tedy dělené zařízení, kdy je venkovní část umístěna u domu a vnitřní většinou v technické místnosti [2]. Obě části jsou pak propojeny potřebnými potrubími přes zeď. U typu, který je umístěn pouze uvnitř, je navíc třeba zajištění přívodu a odvodu vzduchu skrz zeď budovy.

Země-voda

Tento typ se řadí mezi nejpoužívanější TČ spolu s typem vzduch-voda. Teplo ze země odebírá většinou nemrznoucí směs (např. solanka), která ho předává přes okruh nepřímo otopné vodě [2]. Oproti typu vzduch-voda je složitější jeho instalace. Je třeba vybudovat plošný zemní kolektor nebo vrt, a s tím se pojí i vyšší pořizovací náklady. Naopak topný faktor během roku příliš nekolísá, jelikož teplota země je poměrně stálá, na rozdíl od teploty vzduchu.

- **Plošný zemní kolektor**

Vybudování plošného kolektoru, někdy také označovaného jako horizontální kolektor, vyžaduje větší prostor na pozemku. V hloubce přibližně 1,5 m je do země uloženo polyethylenové potrubí ve tvaru slinky nebo hadovitě, a v tomto potrubí proudí nemrznoucí směs. Kolektor by měl být umístěn dále od základů domu, aby v zimě nedocházelo k jejich promrzání a trubky by měly být umístěny nejlépe 1 m od sebe [1].

- **Geotermální vrt**

Geotermální vrt, někdy též označován jako vertikální zemní kolektor, se buduje na místech, kde není možné využít plochu pozemku, například z důvodu pěstitelské činnosti nebo jeho nedostatečné velikosti. Vybudování vrtu je velmi nákladné. Udává se přibližně 1 000 Kč/m vrtu, kdy na výkon 1 kW je potřeba přibližná hloubka 12-18 m (záleží na typu podloží) [1]. Pokud je navíc v určité oblasti investor první, kdo v této lokalitě vrt provádí, je nejprve třeba provést vrt výzkumný.

Voda-voda

Použití tohoto typu je značně omezeno, jelikož ke svému provozu potřebuje vodní plochu (jezero, rybník, řeku) nebo vybudování tzv. jímací a vsakovací studny [2]. Některé systémy jsou závislé na kvalitě vody a jejich údržba je náročná. V ČR se tyto instalace příliš neprovádějí.

1.2 Způsoby větrání rodinných domů/bytů

Existují dva základní způsoby větrání rodinných domů, a to přirozené nebo nucené. V této práci bylo navrženo nucené větrání, a proto zde není přirozenému větrání věnována pozornost.

1.2.1 Nucené větrání RD a bytů

Tento způsob větrání využívá pro odvod a případně přívod vzduchu ventilátory. U novostaveb je nucené větrání velmi důležité, jelikož zde není možné počítat s dostatečným přívodem vzduchu netěsnostmi a bez větrání pomocí otevřených oken dochází brzy ke zhoršení kvality vzduchu uvnitř budovy. Existují lokální a centrální způsoby nuceného větrání. Dále lze nucené větrání rozdělit na podtlakové, rovnotlaké a přetlakové [3]. Přetlakový způsob se u rodinných domů nevyužívá.

Pro podtlakové větrání je typický odvod vzduchu se škodlivinami nebo vlhkostí (z kuchyně, WC, koupelny), kdy musí být zajištěno přísávání vzduchu z venkovního prostředí. Přísávání bývá z důvodu velmi dobré těsnosti oken umožněno větracími otvory, které jsou součástí oken, nebo jsou vytvořeny ve zdech. Umístění bývá zpravidla pod okny (nad nebo za radiátory), případně nad okny u stropu. Otvory pro přísávání mohou být osazeny filtry pro zlepšení kvality přísávaného vzduchu nebo také protihlukovou ochranou. Ohřev venkovního vzduchu zajišťuje otopná soustava [3].

Rovnotlaké systémy bývají dnes již nutností při návrhu nuceného větrání pro novostavby rodinných domů. Tyto systémy zajistí nucený přívod čerstvého větracího vzduchu a zároveň odvod vzduchu znečištěného. Velkou výhodou tohoto systému je možnost využití zpětného získávání tepla [3]. Oproti podtlakovým systémům jsou zde vyšší pořizovací náklady, nároky na prostor a vyšší spotřeba energie celého systému.

Centrální podtlakové větrání

Dopravu odváděného vzduchu zajišťují centrální ventilátory, které jsou připojeny na stoupací potrubí, musí pokrýt tlakovou ztrátu celého systému odvodu a bývají umístěny zpravidla v nejvyšším bodě budovy. V dnešní době existují systémy, které umožňují trvalé větrání, řízené dle potřeby. Ventilátory mohou měnit otáčky, a tím přizpůsobit svůj výkon. V místnostech s odvodem vzduchu mohou být nainstalována čidla CO_2 , případně čidla vlhkosti, a dle nich dochází k otevírání a zavírání odvodních prvků [3]. Tento způsob větrání je často instalován v bytových domech.

Lokální podtlakové větrání

V tomto případě jsou využity lokální radiální ventilátory, které bývají instalovány v potrubí přímo v místnosti (koupelna, WC). Tento typ je často využíván i pro nárazové odsávání z kuchyně [3]. Nevýhodou tohoto typu odvodu vzduchu je vyšší hlučnost v místnostech s odvodem.

Lokální rovnotlaké větrání

Lokální nebo také decentrální rovnotlaké větrací systémy se využívají především v bytových jednotkách. Větrání je zajištěno malou lokální větrací jednotkou s filtry, ventilátory a většinou i výměníkem ZZT [3].

Centrální rovnotlaké větrání

Srdcem tohoto systému je centrální vzduchotechnická jednotka, která zajišťuje dopravu čerstvého vzduchu z venkovního prostředí a odvod vzduchu znehodnoceného. Čerstvý vzduch se před vstupem do jednotlivých místností filtruje, a v zimě ohřívá s využitím ZZT. Vzduch je rozváděn do místností pomocí vzduchotechnických potrubí a je distribuován pomocí distribučních elementů [3].

1.3 Postup stanovení množství větracího vzduchu

Základním pramenem pro určení množství přiváděného venkovního vzduchu do místností je národní příloha normy ČSN EN 15 665/Z1. Norma uvádí, že je třeba zajistit trvalý přívod venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání $0,3 \text{ h}^{-1}$ (doporučená hodnota činí $0,5 \text{ h}^{-1}$) v obytných prostorách a kuchyních. V případě, kdy není objekt dlouhodobě využíván, je povolené snížení intenzity větrání na $0,1 \text{ h}^{-1}$, vztaženo k celkovému vnitřnímu objemu rodinného domu. Jako doplňkové kritérium navíc příloha uvádí minimální a doporučené dávky větracího vzduchu na osobu. Vždy však musí být splněno kritérium na minimální intenzitu větrání. Větrací systém může být řízen také kvalitou vzduchu, pak je doplňujícím kritériem koncentrace oxidu uhličitého v obytném prostoru [4].

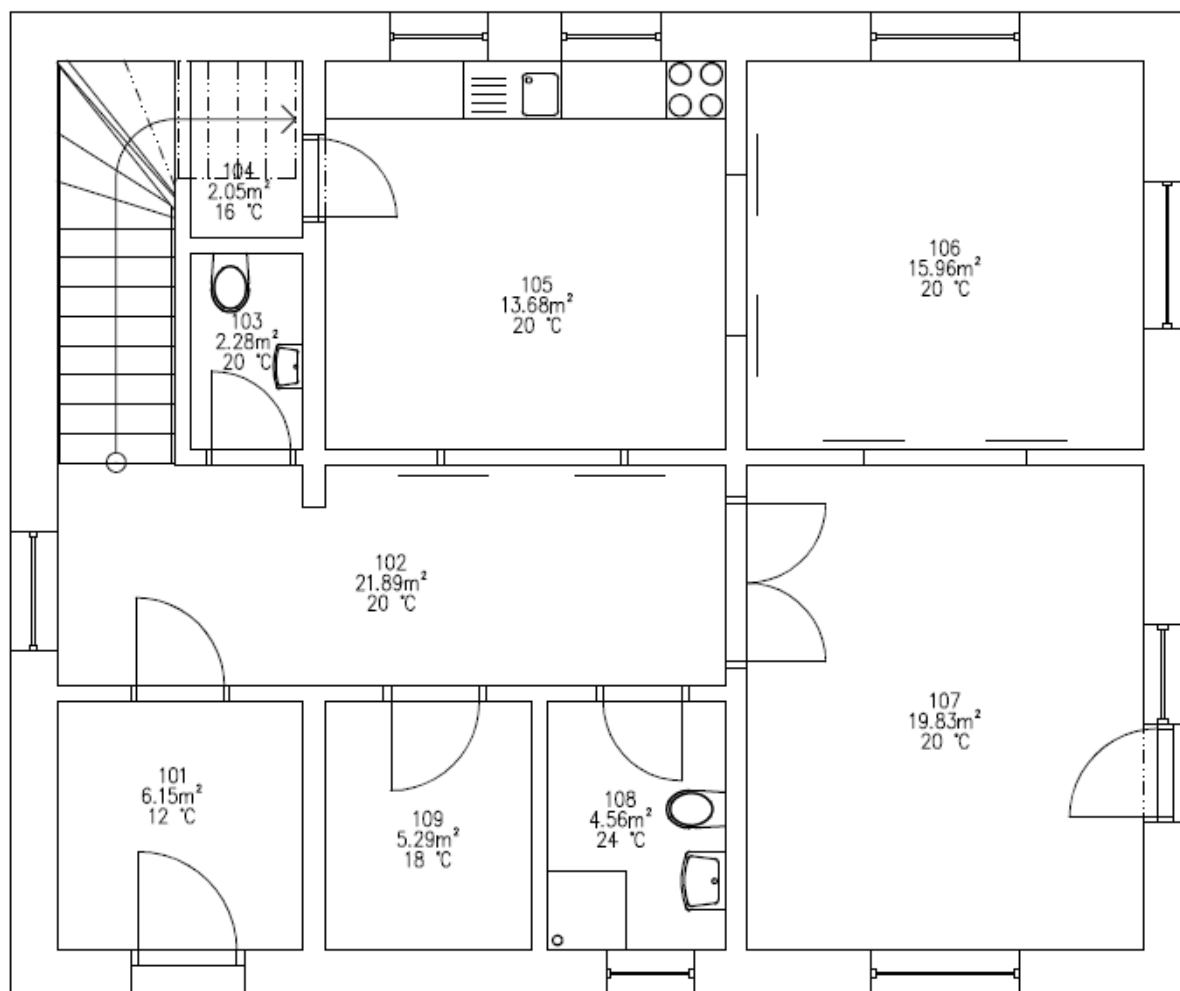
Čerstvý vzduch by měl být přiváděn do obytných místností, jako jsou ložnice, pracovny, obývací a dětské pokoje a případně kuchyně. Odvod vzduchu by měl být zajištěn z koupelen, WC a kuchyně. Ostatní prostory domu, jako jsou chodba nebo předsín, mohou být větrány vzduchem převáděným z obytných místností. Převod vzduchu je realizován převáděcími otvory (spárami pod dveřmi nebo stěnovými otvory, či mřížkami ve dveřích) [4]. Požadavky na větrání v obytných prostorách shrnuje tab. 1.1.

Tab. 1.1 Požadavky na množství větracího vzduchu [4]

	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání $[\text{h}^{-1}]$	Dávka venkovního vzduchu na osobu $[\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{os})]$	Kuchyně $[\text{m}^3/\text{h}]$	Koupelny $[\text{m}^3/\text{h}]$	WC $[\text{m}^3/\text{h}]$
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

2 POPIS OBJEKTU

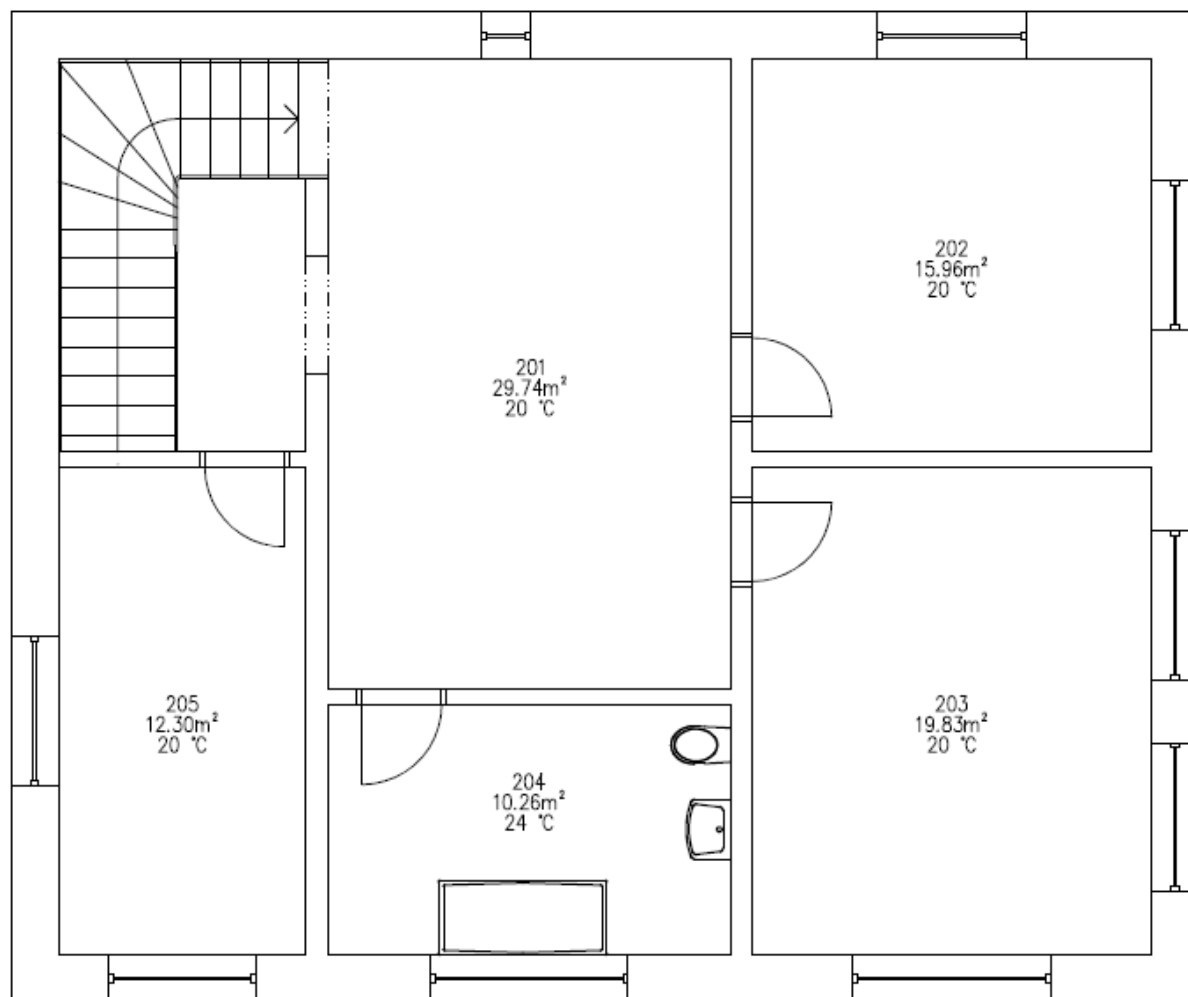
Pro návrh vytápění a větrání byl využit vlastní projekt rodinného domu, který byl pomyslně umístěn na pozemek nedaleko Heřmanova Městce v části Nová Doubrava v nadmořské výšce 300 m n. m. Pozemek se nachází přibližně 10 km od města Chrudim a je rozdělen na dvě části, kdy na první části stojí chata autorčiny rodiny, a druhá část pozemku, o celkové výměře 900 m², na které je pomyslně umístěn RD Doubrava, může v budoucnu sloužit k výstavbě. Vnější výpočtová teplota činí -12 °C [5]. Dům je dvoupodlažní, nepodsklepený, s plochou střechou. Půdorysy pater je možné vidět na obr. 2.1 a obr. 2.2. Zastavěná plocha činí 120 m², výška stropů je ve všech místnostech, kromě chodby a technické místnosti (102 a 109), 2,7 m s již instalovanými SDK podhledy. V chodbě bude strop snížen navíc o 50 cm z důvodu křížení vzduchotechnického potrubí a v TM nebudou podhledy instalovány. Předpokládá se pobyt 2 dospělých osob a 2 dětí. Na pozemek není zaveden zemní plyn a zřízení přípojky se ani v budoucnu nepředpokládá. V tab. 2.1 a tab. 2.2 je přehled místností jednotlivých pater s jejich podlahovou plochou, vnitřní výpočtovou teplotou a informacemi, zda se jedná o vytápěnou a větranou místnost.



Obr. 2.1 Stavební půdorys 1. NP

Tab. 2.1 Přehled místností 1. NP

1. NP					
Číslo	Název	Podlahová plocha [m ²]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Vytápěná	Větraná
101	Zádveří	6,2	12	NE	NE
102	Chodba	21,9	20	ANO	NE
103	WC	2,3	20	ANO	Odvod
104	Spíž	2,1	16	NE	NE
105	Kuchyň	13,7	20	ANO	Odvod
106	Jídlna	16,0	20	ANO	Přívod
107	Obývací pokoj	19,8	20	ANO	Přívod
108	Koupelna	4,6	24	ANO	Odvod
109	Techn. místnost	5,3	18	NE	Odvod



Obr. 2.2 Stavební půdorys 2. NP

Tab. 2.2 Přehled místností 2. NP

2. NP					
Číslo	Název	Podlahová plocha [m ²]	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Vytápěná	Větraná
201	Hala	29,7	20	ANO	NE
202	Dětský pokoj	16,0	20	ANO	Přívod
203	Ložnice	19,8	20	ANO	Přívod
204	Koupelna	10,3	24	ANO	Odvod
205	Pracovna	12,3	20	ANO	Přívod

2.1 Parametry konstrukce

Pro návrh vytápění domu bylo nejprve třeba vypočítat parametry jeho konstrukcí, které následně sloužily pro výpočet tepelných ztrát prostupem. Důležitou veličinou je součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí U_k , který lze vypočítat dle rovnice (2.1).

$$U_k = \frac{1}{R_1 + \left(\sum_i \frac{d_i}{\lambda_i}\right) + R_2} \quad [W/(m^2K)] \quad (2.1)$$

kde:

R_1	[m ² K/W]	odpor při přestupu tepla na 1 straně konstrukce
R_2	[m ² K/W]	odpor při přestupu tepla na 2. straně konstrukce
d_i	[m]	tloušťka i -té části konstrukce
λ_i	[mK/W]	součinitel tepelné vodivosti i -té části konstrukce

Tab. 2.3 Složení vnějšího zdiva [6]

Vrstva	Tloušťka vrstvy [mm]	Součinitel tepelné vodivosti [mK/W]	Tepelný odpor [m ² K/W]
Pastová fasádní omítka	2	0,70	0,003
Lepicí hmota Baumit Pro Contact se síťovinou	3	0,80	0,004
Baumit termoizolační omítka	25	0,10	0,250
Zdivo Porotherm 44 T Profi	440	0,07	6,667
Baumit hlazená omítka	10	0,60	0,017

Výpočet součinitele prostupu tepla pro vnější obvodové zdivo dosazením do rovnice (2.1)

$$U_k = \frac{1}{0,04 + \left(\frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,7} + \frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,8} + \frac{25 \cdot 10^{-3}}{0,1} + \frac{0,44}{0,07} + \frac{10 \cdot 10^{-3}}{0,6} \right) + 0,13} \\ = 0,141 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

V tab. 2.4 jsou znázorněny parametry všech stavebních konstrukcí kromě podlahy přilehlé k zemině, u níž byl součinitel prostupu tepla vypočten odlišným způsobem dle normy ČSN EN 12831-1, a tento výpočet je součástí kapitoly 4.

Tab. 2.4 Parametry jednotlivých typů konstrukce

Typ konstrukce	Tloušťka konstrukce [mm]	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² K)]
Vnější obvodové zdivo	480	0,141
Vnitřní nosné zdivo	220	0,867
Vnitřní nenosné zdivo	160	1,125
Podlaha (201)	473	0,618
Podlaha (202, 203, 205)	466	0,683
Podlaha (204)	469	0,686
Střecha	577	0,142
Dveře vchodové Vekra Smart [7]	-	0,880
Dveře interiérové [8]	-	2,000
Okno Vekra Natura 94 [7]	-	0,700

2.2 Návrh množství větracího vzduchu

Pro zajištění požadované kvality vzduchu uvnitř budovy a pro výpočet tepelných ztrát větráním bylo potřeba stanovit množství přiváděného a odváděného větracího vzduchu pro jednotlivé místnosti. Podrobným popisem systému větrání se zabývá kapitola 3. Jedná se o systém s nuceným rovnotlakým centrálním větráním se ZZT a zpětným ziskem vlhkosti. Pro celý dům je navržena jedna větrací zóna, jednotlivá patra jsou propojena otevřeným schodištěm. Tab. 2.5 znázorňuje různé přístupy k určení množství přiváděného a odváděného vzduchu pro větrané místnosti v domě. Konkrétní objemové toky jsou stanoveny v tab. 3.1, která je součástí kapitoly 3.

Tab. 2.5 Návrh množství větracího vzduchu

Název	V_{zm} [m ³]	Objemový tok dle intenzity větrání		Počet osob	Objemový tok dle osob		Odtah minimální [m ³]	Odtah doporučený [m ³]
		0,3 h^{-1}	0,5 h^{-1}		15 m^3/os	25 m^3/os		
Zádveří	16,6	-	-	-	-	-	-	-
Chodba	50,5	-	-	-	-	-	-	-
WC	6,2	1,9	3,1	-	-	-	25	50
Spíž	5,5	-	-	-	-	-	-	-
Kuchyň	37,0	11,1	18,5	2	30	50	100	150
Jídelna	43,2	13,0	21,6	4	60	100	-	-
Obývací pokoj	54,0	16,2	27,0	4	60	100	-	-
Koupelna	12,4	3,7	6,2	-	-	-	50	90
Techn. místnost	16,4	4,9	8,2	-	-	-	-	-
Hala	99,3	-	-	-	-	-	-	-
Dětský pokoj	43,2	13,0	21,6	2	30	50	-	-
Ložnice	54,0	16,2	27,0	2	30	50	-	-
Koupelna	27,7	8,3	13,9	-	-	-	50	90
Pracovna	33,2	10,0	16,6	2	30	50	-	-

3 NÁVRH VĚTRÁNÍ

Aby bylo možné vypočítat tepelné ztráty jednotlivých místností, a následně navrhnout otopnou soustavu, bylo nejprve třeba navrhnout systém větrání, a tím upřesnit parametry pro výpočet tepelné ztráty větráním. Větrání v rodinném domě Doubrava bylo navrženo jako centrální rovnotlaké větrání se ZZT, pro snížení tepelných ztrát větráním, a také se zpětným ziskem vlhkosti, aby se zabránilo nízké relativní vlhkosti vzduchu v obytném prostoru.

Celý větrací systém byl navržen z komponent od výrobce Zehnder, a pokud nebude zmíněno jinak, všechny níže uvedené informace o výrobcích v této kapitole byly čerpány z materiálů tohoto výrobce. Z katalogu byla předběžně vybrána větrací jednotka Zehnder ComfoAir Q600 ST Enthalpie, s možným průtokem větracího vzduchu od 50 m³/h do 600 m³/h. Tato větrací jednotka je schopna pokrýt potřebné množství větracího vzduchu při jmenovitém větrání, a případně zajistit výměnu vzduchu větší než 1 h⁻¹ v celém domě, jehož vnitřní objem činí přibližně 500 m³. Objemové toky pro jednotlivé místnosti jsou znázorněny v tab. 3.1. Bylo ovšem třeba také ověřit, zda je větrací jednotka schopna pokrýt tlakovou ztrátu navrženého systému větrání. Toto ověření je součástí podkapitoly 3.3.

3.1 Centrální větrací jednotka

Větrací jednotka pro centrální rovnotlaké větrání RD byla vybrána z katalogu výrobce Zehnder, nese název ComfoAir Q600 ST Enthalpie, a je zobrazena na obr. 3.1. Disponuje maximálním průtokem 600 m³/h při maximální externí tlakové ztrátě 200 Pa. Jednotka umožňuje ZZT s účinností 80 % a zpětný zisk vlhkosti, jehož účinnost činí 68 %.

V jednotce je pro zpětný zisk tepla a vlhkosti zabudován křížový protiproudý entalpický výměník tepla ve tvaru diamantu s polymerní membránou. Dále je jednotka vybavena ventilátory, uzpůsobenými pro tichý a energeticky úsporný provoz od výrobce EBM Papst. Do jednotky bude instalován přehřívací registr venkovního vzduchu, jehož výkon je řízen dle aktuální potřeby. K jeho sepnutí dochází v případě, kdy teplota venkovního nasávaného vzduchu klesne přibližně pod -6 °C.

Rekuperační jednotka bude vybavena filtry třídy F7. Filtry se nacházejí na přední straně jednotky, aby byla možná jejich snadná výměna. Systém FlowControl s pomocí čidel tlaku automaticky zajišťuje vyvážené množství přiváděného a odváděného vzduchu. Jednotku je možné ovládat pomocí aplikace z mobilu či tabletu.



Obr. 3.1 Centrální větrací jednotka [19]

3.2 Další komponenty pro distribuci vzduchu

Pro usnadnění instalace rozvodů vzduchu byl zvolen doplněk Zehnder ComfoWell 520, který slouží především jako rozvaděč pro instalované VZT potrubí při osazení montážní deskou s 10ti hrdly pro trubky ComfoTube 75/90, které jsou zobrazené na obr. 3.4. Dále se uplatňuje také jako akustický tlumič hluku, případně je možné navíc instalovat také těleso s dalším filtrem. Celá sada se napojuje pomocí koncové desky na kruhové potrubí z centrální větrací jednotky nebo přímo na jednotku. Výhodou využití způsobu rozvodů vzduchu z rozvaděče, je zamezení přeslechů z jednotlivých místností, jak by tomu mohlo být při instalaci hlavní větve s odbočkami. Další výhodou je využití menších dimenzí potrubí, a s tím související potřeba menšího instalačního prostoru v podhledech.

Pro přívod vzduchu do místností a odvod vzduchu z místností bylo zvoleno flexi potrubí ComfoTube 90 s vnitřním průměrem 74 mm a talířové ventily ComfoValve Luna S125 pro přívod vzduchu (obr. 3.2 vpravo) a E125 pro odvod vzduchu (obr. 3.2 vlevo). Pro spojení ventilů s potrubím budou sloužit kryty vývodu vzduchu TVA-P 90 s délkou hrdla 64 mm a průměrem výstupního hrdla pro napojení ventilu 125 mm. Tento kryt je zobrazen na obr. 3.3 vlevo. K přívodnímu ventilu je možné instalovat doplněk Air Blocker, který umožňuje omezení výdechu vzduchu na 240°, a tím zamezí proudění vzduchu do určitých směrů v místnosti. Výrobce doporučuje instalaci ventilů minimálně 350 mm od stěny, a při instalaci více ventilů v místnosti dodržení odstupe minimálně 750 mm. Pro napojení jednotky na rozvaděč a tlumič hluku bude instalováno potrubí ComfoPipe Compact DN 200, zobrazené na obr. 3.4 vpravo. Toto potrubí bude napojeno na jednotku pomocí redukce DN 180-DN 200. Pro zaregulování jednotlivých větracích okruhů bude využita regulace pomocí ventilů, případně pomocí škrticích vsuvek ComfoSet 90, které se nainstalují do krytu vývodu vzduchu a jsou zobrazeny na obr. 3.3 vpravo.



Obr. 3.2 ComfoValve Luna vlevo E125, vpravo S125 [19]



Obr. 3.3 Vlevo TVA-P 90, vpravo ComfoSet 90 [19]



Obr. 3.4 Vlevo ComfoTube 90, vpravo ComfoPipe 200 [19]

Jelikož je doporučený průtok talířovými ventily při jmenovitém větrání $45 \text{ m}^3/\text{h}$, a vnitřní průměr VZT potrubí 74 mm, bylo třeba vhodně zvolit množství přiváděného a odváděného vzduchu, a v některých místnostech použít pro přívod nebo odvod vzduchu více potrubí a více ventilů.

Jednotlivá potrubí budou napojena na 2 rozvaděče (rozdělovač + sběrač), instalované v technické místnosti pod stropem, a vedena do místností v 1. NP v SDK podhledech. Potrubí pro 2. NP budou také napojena na rozvaděče, vyvedena ke stropu do 2. NP a odtud rozvedena do jednotlivých místností také v SDK podhledu. Vývody v rozvaděči, které nebudou využity, budou uzavřeny těsnicí krytkou. Každé VZT potrubí bude zakončeno výše zmíněným krytem pro napojení talířového ventilu. Kryty budou upevněny na stropě a vyústění pro napojení ventilu bude současně s deskou SDK podhledu. V kuchyni bude nad varnou deskou instalována cirkulační digestoř s tukovým a pachovým filtrem, která musí být při vaření v provozu, aby nedošlo k nadměrnému znečištění VZT potrubí. Ventily pro odvod vzduchu z kuchyně budou navíc osazeny filtry. V následující tabulce jsou znázorněny počty potrubí a ventilů pro jednotlivé místnosti a navržené jmenovité průtoky vzduchu.

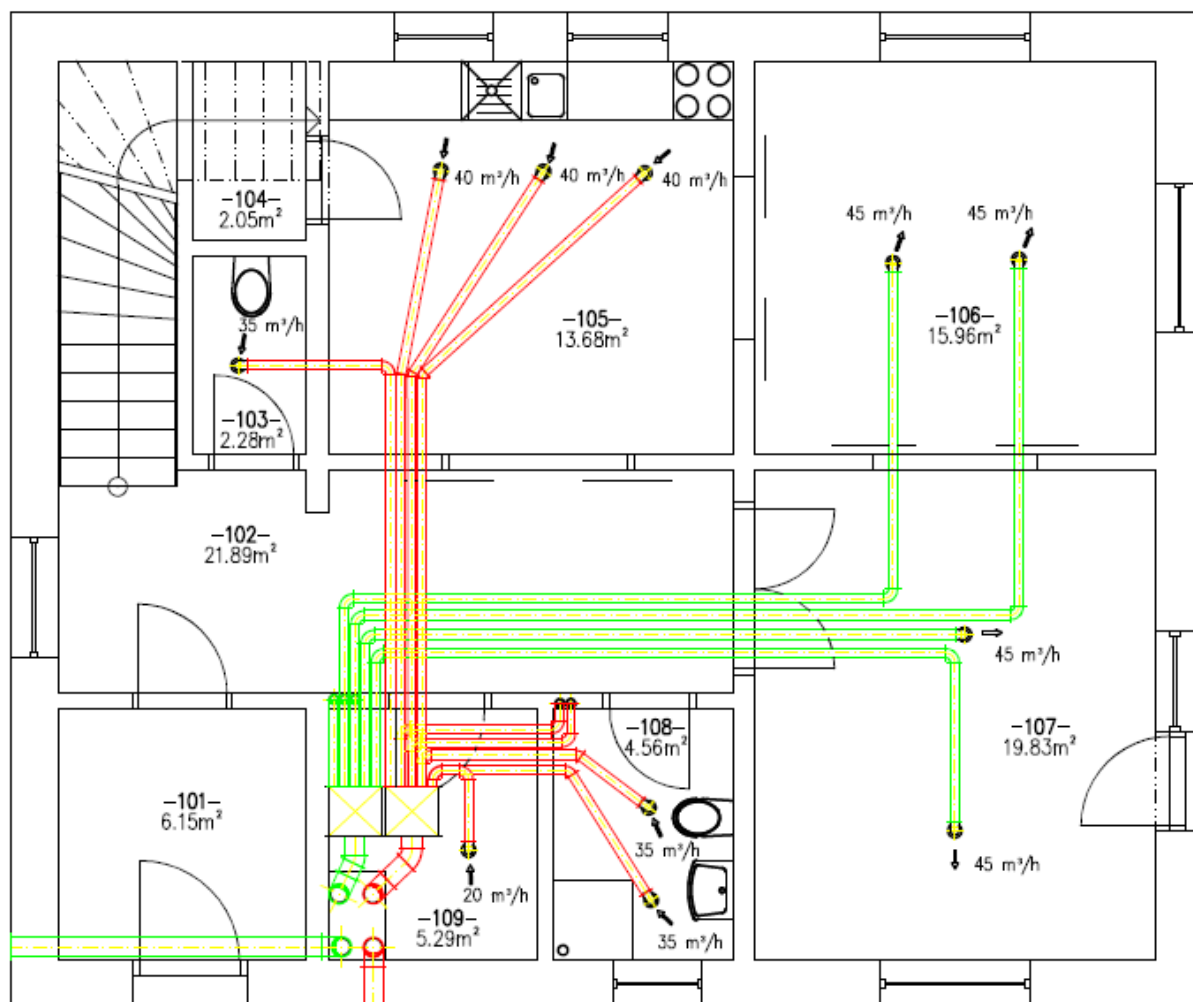
Tab. 3.1 Koncept větrání

Místnost	Odvod/ přívod	Počet potrubí/ventilů [ks]	Průtok jednotlivými potrubími [m^3/h]	Průtok pro místnost [m^3/h]	Rychlost proudění [m/s]
103	Odvod	1	35	35	2,3
105	Odvod	3	40	120	2,6
106	Přívod	2	45	90	2,9
107	Přívod	2	45	90	2,9
108	Odvod	2	35	70	2,3
109	Odvod	1	20	20	1,3
202	Přívod	1	45	45	2,9
203	Přívod	1	45	45	2,9
204	Odvod	2	35	70	2,3
205	Přívod	1	45	45	2,9

3.3 Tlakové ztráty

Po návrhu rozvodů vzduchu bylo možné vypočítat tlakové ztráty. Ty se dělí na délkové, které jsou způsobeny třením vzduchu při proudění potrubím, a místní, způsobené různými VZT komponentami. Pro výpočet bylo třeba znát délku jednotlivých potrubí, počet kolen, případně jiných komponent, a určit jejich tlakovou ztrátu. Výrobce udává délkové ztráty v Pa na 1 m potrubí a místní tlakové ztráty pro ostatní VZT komponenty (kolena, rozvaděč, tlumiče, filtry, kryty vývodu vzduchu, atd.) v závislosti na průtoku. Grafy pro určení jednotlivých tlakových ztrát jsou součástí přílohy této práce.

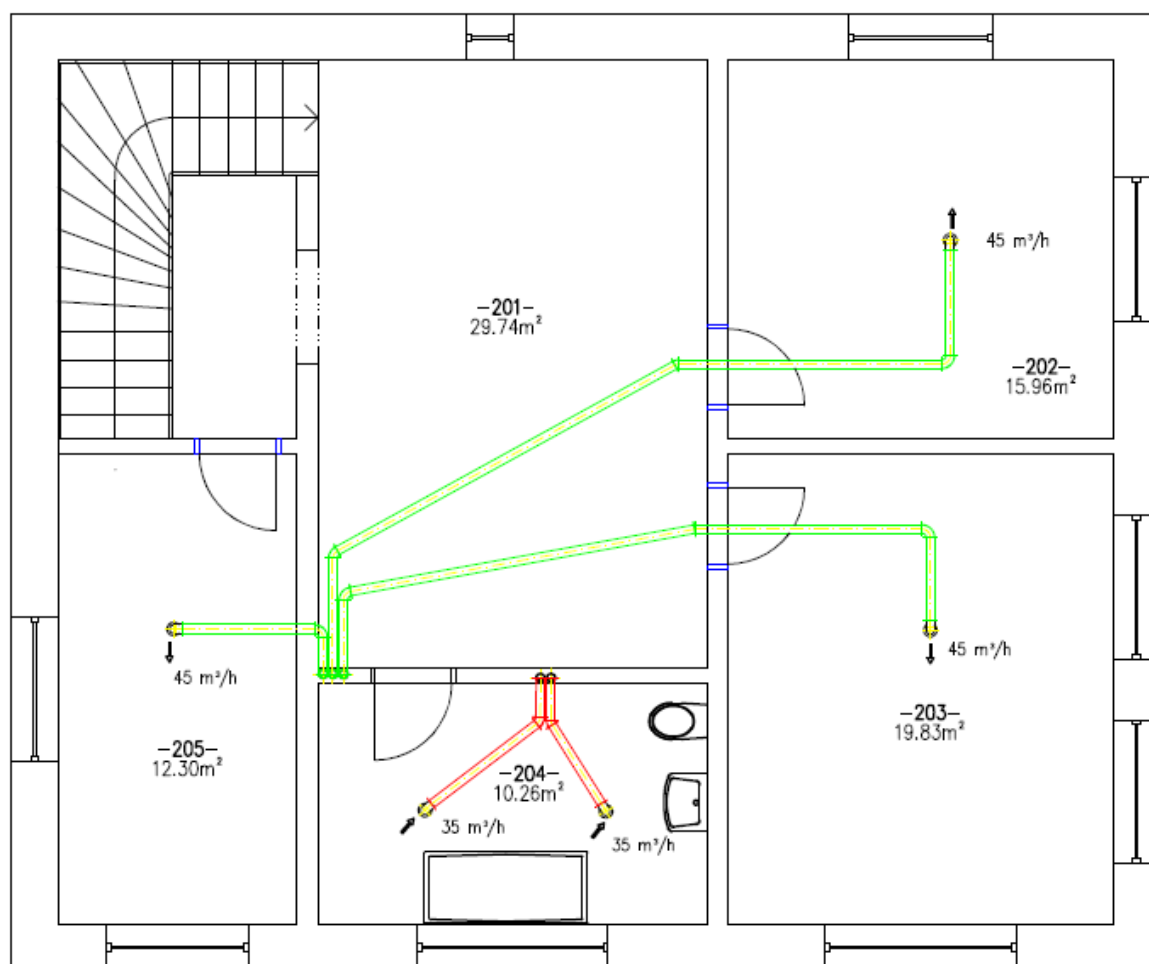
Při výpočtu bylo třeba nejprve pro každé potrubí vypočítat celkovou tlakovou ztrátu od rozdělovače po vyústění v místnosti. Pro potrubí s nejvyšší tlakovou ztrátou (zvláště pro přívod a odvod) byla stanovena tlaková ztráta plně otevřeného talířového ventilu. Ventily u ostatních potrubí se při instalaci nastaví tak, aby všechny rozvody vzduchu od rozdělovače po ventil měly stejnou tlakovou ztrátu. K této tlakové ztrátě se následně přičetla hodnota tlakové ztráty tlumiče a úseku od větrací jednotky po rozvaděč. Na následujících stránkách jsou zobrazeny půdorysy jednotlivých pater s rozvody vzduchotechniky a tabulky s výpočty tlakových ztrát.



Obr. 3.5 VZT 1. NP

Tab. 3.2 Tlakové ztráty přívodu

Číslo	Označení	Délka [m]	Délková ztráta pro 1 m potrubí [Pa]	Délková ztráta [Pa]	Počet kolen [ks]	Ztráta kolene [Pa]	Ostatní místní ztráty [Pa]	Ztráty celkem [Pa]
1	J1	10,5	2,8	29,4	2	4,2	7	45
2	J2	11,7	2,8	32,8	2	4,2	7	48
3	OP1	7,6	2,8	21,3	1	4,2	29 ¹	55
4	OP2	8,5	2,8	23,8	2	4,2	7	39
5	PRA	6,3	2,8	17,6	3	4,2	7	37
6	DP	12,5	2,8	35,0	4	4,2	7	59
7	LOŽ	12	2,8	33,6	4	4,2	7	57
0	VJ1	2,8	1	2,8	2	2,5	8	16



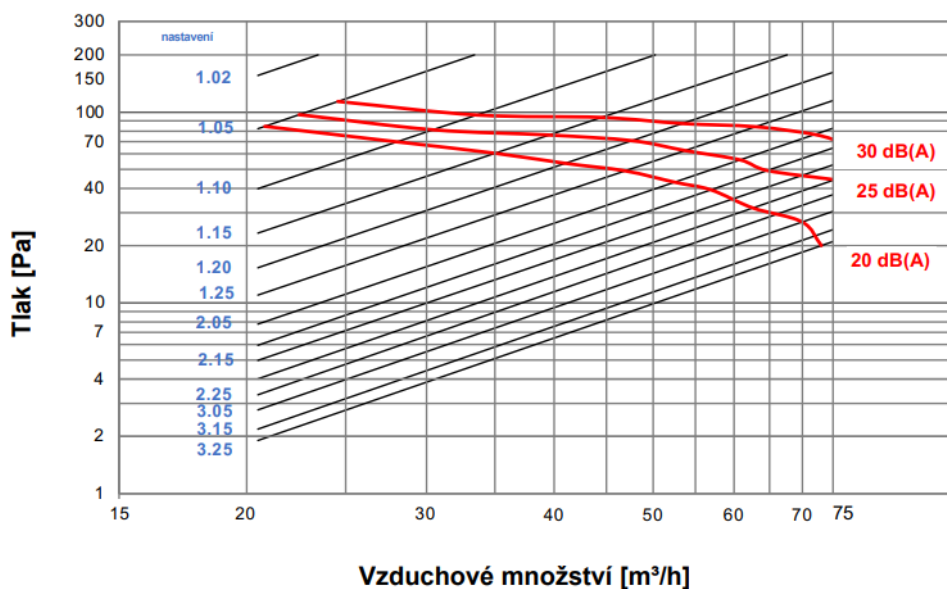
Obr. 3.6 VZT 2. NP

¹ Škrticí vsuvka ComfoSet 90 bez clony – tlaková ztráta 22 Pa

Tab. 3.3 Tlakové ztráty odvodu

Číslo	Označení	Délka [m]	Délková ztráta pro 1 m potrubí [Pa]	Délková ztráta [Pa]	Počet kolen [ks]	Ztráta kolene [Pa]	Ostatní místní ztráty [Pa]	Ztráty celkem [Pa]
1'	WC	6,0	1,8	10,8	1	2,7	20,5 ²	34
2'	KU1	6,4	2	12,8	0	3,8	18	31
3'	KU2	6,7	2	13,4	0	3,8	18	31
4'	KU3	7,4	2	14,8	0	3,8	18	33
5'	KO1	2,6	1,8	4,7	1	2,7	20,5 ³	28
6'	KO2	3,2	1,8	5,8	1	2,7	20,5 ⁴	29
7'	TM	1,2	0,5	0,6	2	1,0	25 ⁵	28
8'	KO3	7,5	1,8	13,5	4	2,7	4,5	29
9'	KO4	7,1	1,8	12,8	4	2,7	4,5	28
0	VJ2	3,0	1	3,0	2	2,5	8	16

Po určení tlakových ztrát rozvodů se stanovila nastavení a tlakové ztráty jednotlivých přívodních a odvodních talířových ventilů, aby měly všechny úseky od rozvaděče stejnou tlakovou ztrátu. Následující dva obrázky znázorňují nastavení ventilů.



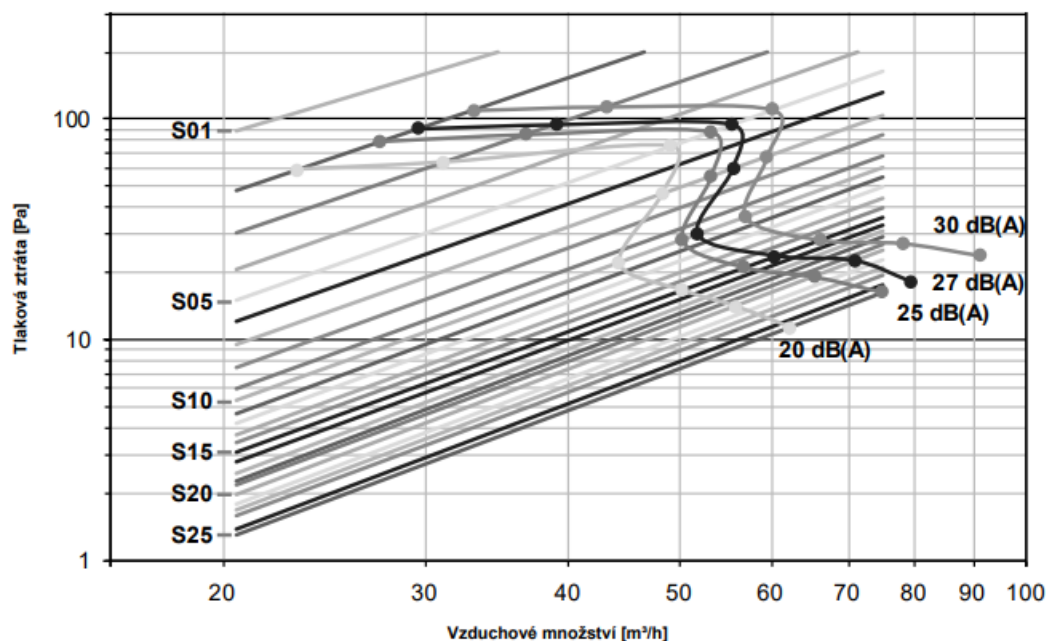
Obr. 3.7 Nastavení ventilu Luna E125

² Škrticí vsuvka ComfoSet 90 bez clony – tlaková ztráta 16 Pa

³ Škrticí vsuvka ComfoSet 90 bez clony – tlaková ztráta 16 Pa

⁴ Škrticí vsuvka ComfoSet 90 bez clony – tlaková ztráta 16 Pa

⁵ Škrticí vsuvka ComfoSet 90 s clonou 57 – tlaková ztráta 24 Pa



Obr. 3.8 Nastavení ventilu Luna S125

V následujících tabulkách jsou znázorněny délkové, místní a celkové tlakové ztráty pro přívodní a odvodní potrubí a zaregulování ventilů pomocí předchozích obrázků. Z obrázků je také zřejmé, že hlučnost samotných talířových ventilů je nízká, a při daných průtocích nepřesáhne hodnotu 30 dB, což je limit pro hluk ve vnitřním prostředí pro noční dobu [9].

Tab. 3.4 Tlakové ztráty a zaregulování přívodu

Číslo	Označení	Délkové ztráty [Pa]	Místní ztráty [Pa]	Součet [Pa]	Ztráta ventilu [Pa]	Nastavení ventilu [–]	Celková tlaková ztráta [Pa]
1	J1	29,4	15,4	44,8	20,0	S11	64,8
2	J2	32,8	15,4	48,2	16,6	S12	64,8
3	OP1	21,3	33,2	54,5	10,3	S18	64,8
4	OP2	23,8	15,4	39,2	25,6	S9	64,8
5	PRA	17,6	19,6	37,2	27,6	S9	64,8
6	DP	35,0	23,8	58,8⁶	6,0	S25	64,8
7	LOŽ	33,6	23,8	57,4	7,4	S23	64,8
0	VJ1	2,8	13,0	15,8	-	-	15,8
Celková tlaková ztráta přívod [Pa]							80,6

⁶ Rozvod, dle kterého se zaregulovalo

Tab. 3.5 Tlakové ztráty a zaregulování odvodu

Číslo	Označení	Délkové ztráty [Pa]	Místní ztráta [Pa]	Součet [Pa]	Ztráta ventilu [Pa]	Nastavení ventilu [–]	Celková tlaková ztráta [Pa]
1'	WC	10,8	23,2	34,0	5,3	3.25	39,3
2'	KU1	12,8	18,0	30,8	8,5	3.05	39,3
3'	KU2	13,4	18,0	31,4	7,9	3.15	39,3
4'	KU3	14,8	18,0	32,8⁷	6,5	3.25	39,3
5'	KO1	4,7	23,2	27,9	11,4	2.20	39,3
6'	KO2	5,8	23,2	29,0	10,3	2.20	39,3
7'	TM	0,6	27,0	27,6	11,7	1.25	39,3
8'	KO3	13,5	15,3	28,8	10,5	2.20	39,3
9'	KO4	12,8	15,3	28,1	11,2	2.20	39,3
0'	VJ2	3,0	13	16,0	-	-	16,0
Celková tlaková ztráta odvod [Pa]							55,3

3.4 Ovládání a regulace systému větrání

Celý systém je možné ovládat pomocí displeje na větrací jednotce. Pro uživatelský komfort bude navíc nainstalován produkt ComfoConnect LAN C, který se připojí k síti a větrací jednotce. Pomocí tohoto zařízení je možné ovládání systému pomocí mobilní aplikace nebo počítače. Dále bude na toto zařízení pomocí kabelu napojeno ovládací zařízení ComfoSense C55, které bude instalováno na zdi na chodbě.

Díky těmto přídatným zařízením bude možné větrací jednotku ovládat přímo z technické místnosti, z chodby, pomocí ovládacího zařízení nebo vzdáleně, pomocí mobilu nebo počítače. Na jednotce se po instalaci nastaví průtoky vzduchu pro 4 přednastavené režimy: nepřítomnost, nízký, střední a vysoký stupeň větrání. Dále je možné zvolit funkci Flow Control nebo Constant Flow. Režim Constant Flow zajišťuje, aby byl neustále dodržen stanovený průtok vzduchu. Doporučený je spíše systém Flow Control, který udržuje rovnotlaké větrání, ale povoluje mírné odchýlení od nastaveného průtoku. Dále je také možnost časového programování pro různé dny a časy a vyřazení jednoho nebo obou ventilátorů větrací jednotky z provozu.

3.5 Zhodnocení návrhu větrání

Z výsledků výpočtu tlakových ztrát vyplývá, že předem určená větrací jednotka je schopna bez problému pokrýt tlakové ztráty větracího systému i průtok vzduchu. Díky predehřevu čerstvého větracího vzduchu a zpětnému zisku tepla se částečně eliminují tepelné ztráty větráním. Velkou výhodou je i možnost zpětného zisku vlhkosti, díky čemuž nebude mít v zimě vzduch uvnitř domu nízkou relativní vlhkost.

⁷ Rozvod, dle kterého se zaregulovalo

Větrací jednotka při jmenovitém větrání nebude pracovat na plný výkon, což zaručí nižší hlučnost a energetickou úsporu. V případě potřeby je jednotka schopna zajistit nárazovou výměnu vzduchu v domě s intenzitou větrání vyšší než 1 h^{-1} .

Celý systém rozvodů bude ve všech místnostech, kromě technické místnosti veden v SDK podhledech z akustických desek Rigips. Do dveří od koupelen budou pro přestup vzduchu z chodby instalovány větrací mřížky MV 450 od výrobce Vents s rozměrem $462 \times 124 \text{ mm}$ (plocha pro přestup vzduchu $0,019 \text{ m}^2$). Pro posuvné dveře není třeba přestup vzduchu řešit, jelikož mezi dveřmi a stěnou je dostatečná mezera, kterou může vzduch mezi místnostmi proudit (odstup dveří od zdi cca 20 mm). Do ostatních dveří, kde je vyžadován přestup vzduchu z důvodu větrání, budou instalovány ventilační prahy od výrobce Planet s označením MinE/V s výškou těsnicí lišty 20 mm . Potrubí spojující vzduchotechnickou jednotku s venkovním prostorem bude na svém konci opatřeno mřížkou s protidešťovou žaluzií.

Celkové pořizovací náklady větracího systému činí přibližně $307\,000 \text{ Kč}$ s DPH, z čehož přibližně polovinu celkové ceny tvoří náklady na pořízení vzduchotechnické jednotky. Detailní přehled pořizovacích nákladů je možné nalézt v příloze (P7) této práce. Cena větracího systému je poměrně vysoká. V dnešní době je však u novostaveb RD instalace nuceného větrání se zpětným ziskem tepla nutností. Díky tomuto systému bude v domě zajištěno optimální klima z hlediska koncentrace CO_2 a také vlhkosti. Navíc lze při dokoupením chladicího modulu případně celý systém využít i pro chlazení obytných místností v létě bez nutnosti instalace dalších rozvodů a chladicího zařízení.

4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Pro návrh otopné soustavy, typu zdroje tepla a jeho výkonu bylo třeba nejprve vypočítat tepelné ztráty vytápěných místností. Tepelné ztráty se dělí na ztráty prostupem a ztráty větráním. Tepelné ztráty větráním jde značně snížit použitím nuceného větrání s využitím ZZT. V této kapitole je popsán postup výpočtu tepelných ztrát dle normy ČSN EN 12831-1, a pokud nebude zmíněno jinak, všechny rovnice v této kapitole byly čerpány právě z této normy. Dále je zde proveden vzorový výpočet tepelné ztráty pro koupelnu v 1. NP (místnost 108), a pro ostatní místnosti jsou znázorněny pouze výsledky formou tabulek. Výpočet celkové tepelné ztráty pro vytápěný prostor lze provést dle rovnice (4.1).

- Tepelná ztráta vytápěného prostoru

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} - \Phi_{gain,i} \quad [W] \quad (4.1)$$

kde:

$\Phi_{HL,i}$	[W]	návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru
$\Phi_{T,i}$	[W]	návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru
$\Phi_{V,i}$	[W]	návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru
$\Phi_{hu,i}$	[W]	volitelný dodatečný zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru, pro tento návrh $\Phi_{hu,i} = 0 \text{ W}$
$\Phi_{gain,i}$	[W]	trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru

4.1 Tepelná ztráta prostupem

Obecně se tepelná ztráta prostupem počítá na základě měrných tepelných toků prostupem a rozdílů teplot způsobujících tepelné ztráty. Tyto tepelné toky jsou teplotně korigované. To znamená, že jsou vztaženy k rozdílu vnitřní a venkovní výpočtové teploty.

- Celková návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (4.2)$$

kde:

$H_{T,ie}$	[W/K]	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru přímo do venkovního prostředí
$H_{T,ia}$	[W/K]	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedních vytápěných prostor
$H_{T,iae}$	[W/K]	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes nevytápěné prostory a přilehlé budovy
$H_{T,iaBE}$	[W/K]	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedních funkčních částí budovy
$H_{T,ig}$	[W/K]	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do zeminy
$\theta_{int,i}$	[°C]	vnitřní výpočtová teplota

θ_e [°C] venkovní výpočtová teplota

- Dílčí tepelné ztráty prostupem, například pouze do zeminy

$$\Phi_{T,i} = H_{T,ix} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (4.3)$$

- Měrný tepelný tok prostupem přímo do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = \sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle \quad [W/m] \quad (4.4)$$

kde:

A_k	$[m^2]$	plocha stavební části k
U_k	$[W/(m^2 \cdot K)]$	součinitel prostupu tepla stavební části k
ΔU_{TB}	$[W/(m^2 \cdot K)]$	přirážka na vliv tepelných vazeb
$f_{U,k}$	$[-]$	opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovení příslušných U -hodnot
$f_{ie,k}$	$[-]$	teplotní opravný činitel

- Měrný tepelný tok prostupem do nebo přes sousední prostory (jiná vytápěná místnost, jiná funkční část budovy, nevytápěný prostor, přilehlá budova)

$$H_{T,ia(...)} = \sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia(...),k} \rangle \quad [W/m] \quad (4.5)$$

kde:

$f_{ia(...),k}$	$[-]$	teplotní opravný činitel
-----------------	-------	--------------------------

- Měrný tepelný tok prostupem do zeminy

$$H_{T,ig} = f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle \quad [W/m] \quad (4.6)$$

kde:

$f_{\theta ann}$	$[-]$	opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku, $f_{\theta ann} = 1,45$
$U_{equiv,k}$	$[W/(m^2 \cdot K)]$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zeminou
$f_{ig,k}$	$[-]$	teplotní opravný činitel

$f_{GW,k}$ $[-]$ opravný činitel zohledňující vliv spodní vody, $f_{GW,k} = 1$ (hladina spodní vody více než 1 m pod úrovní základové desky)

- Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zemínou dle přílohy E normy ČSN EN 12831-1

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b + (c_1 + B')^{n_1} + (c_2 + z)^{n_2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n_3} + d} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (4.7)$$

kde:

a, b, c, d, n $[-]$ parametry pro výpočet $U_{equiv,k}$
 B' $[m]$ geometrický parametr podlahové desky
 z $[m]$ hloubka horní hrany podlahové desky pod úrovní zeminy, pro nepodsklepený objekt $z = 0$
 U_k $[W/(m^2 \cdot K)]$ součinitel prostupu tepla stavební části k , která je v kontaktu se zemínou (stanoví se jako pro konstrukci, která není v kontaktu se zemínou, ale se vzduchem)

- Geometrický parametr podlahové desky

$$B' = \frac{A_G}{0,5 \cdot P} \quad [m] \quad (4.8)$$

kde:

A_G $[m^2]$ plocha podlahové desky
 P $[m]$ nechráněný obvod podlahové desky

Tab. 4.1 Pomocné hodnoty pro výpočet $U_{equiv,k}$ pro podlahu

a	b	c_1	c_2	c_3	n_1	n_2	n_3	d
0,9671	-7,455	10,76	9,773	0,0265	0,5532	0,6027	-0,9296	-0,0203

- Teplotní opravný činitel pro výpočet teplotně korigovaných měrných tepelných toků

$$f_{ix,k} = f_1 + f_2 \quad [-] \quad (4.9)$$

kde:

f_1 $[-]$ opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostředí nebo prostoru (x) a venkovní výpočtovou teplotou
 f_2 $[-]$ opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru (i) a průměrnou povrchovou teplotou stavební části k

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (4.10)$$

$$f_2 = \frac{\theta_{int,k}^* - \theta_{int,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (4.11)$$

kde:

θ_x	[°C]	teplota sousedního prostoru nebo prostředí
$\theta_{int,k}^*$	[°C]	průměrná vnitřní povrchová teplota stavební části, pro místnosti s výškou stropu < 4 m je $\theta_{int,k}^* = \theta_{int,i}$, pak $f_2 = 0$

Tab. 4.2 Možné případy pro θ_x

Tepelná ztráta z (i) do (x); kde (x) zastupuje...	θ_x [°C]	Poznámky
Venkovní prostředí (e)	θ_e	$f_1 = 1$
Sousední vytápěný prostor v rámci stejné funkční části budovy	$\theta_{int,a}$	Vnitřní výpočtová teplota sousedního vytápěného prostoru (a)
Sousední nevytápěný prostor (ae)	θ_{ae}	Pokud není známa teplota pro nevytápěné prostory, mohou se pro výpočet f_1 použít výchozí hodnoty z národní přílohy vytvořené v souladu s A.2.4 nebo článek B.2.4 případně může být použita příloha D
Zeminu (g)	$\theta_{e,m}$	Průměrná venkovní teplota za otopné období, $\theta_{e,m} = 4,1$ °C

4.1.1 Vzorový výpočet tepelné ztráty prostupem pro místnost 108

- Měrný tepelný tok přímo do venkovního prostředí

$$\theta_{int,i} = \theta_{int,k} = 24 \text{ °C} \quad \theta_e = -12 \text{ °C} \quad f_{U,k} = 1 \quad f_1 = 1 \quad f_2 = 0$$

Venkovní zeď

$$A_{k,vz} = 4,4 \text{ m}^2 \quad U_{k,vz} = 0,141 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

Okno

$$A_{k,o} = 0,5 \text{ m}^2 \quad U_{k,o} = 0,7 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

$$\Delta U_{TB}^8 = 0,05 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}$$

$$H_{T,ie} = \sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle = \langle 4,4 \cdot (0,141 + 0,05) \cdot 1 \cdot (1 + 0) \rangle + \langle 0,5 \cdot (0,7 + 0,05) \cdot 1 \cdot (1 + 0) \rangle = \mathbf{1,19 \text{ W/K}}$$

- Měrný tepelný tok prostupem do zeminy

$$\theta_x = \theta_{e,m} = 4,1 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \theta_e = -12 \text{ } ^\circ\text{C} \quad f_{\theta ann} = 1,45 \quad f_{GW,k} = 1$$

$$f_1 = \frac{\theta_{int,i} - \theta_x}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \frac{24 - 4,1}{24 - (-12)} = 0,55$$

$$f_2 = 0$$

$$f_{ig,k} = 0,55$$

$$A_{k,p} = 4,6 \text{ m}^2, U_{k,p} = 0,141 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}, B' = 4,54 \text{ m}$$

$$U_{equiv,k} = \frac{a}{b + (c_1 + B')^{n_1} + (c_2 + z)^{n_2} + (c_3 + U_k + \Delta U_{TB})^{n_3}} + d$$

$$= \frac{0,9671}{-7,455 + (10,76 + 4,54)^{0,5532} + (9,773 + 0)^{0,6027} + (0,0265 + 0,141 + 0,05)^{-0,9296}} - 0,0203 = \mathbf{0,169 \frac{W}{(m^2 \cdot K)}}$$

$$H_{T,ig} = f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle = 1,45 \cdot \langle 4,6 \cdot 0,169 \cdot 0,55 \cdot 1 \rangle = \mathbf{0,62 \text{ W/K}}$$

- Měrný tepelný tok prostupem do nebo přes sousední prostory

Tab. 4.3 Parametry pro výpočet měrného TT prostupem do nebo přes sousední prostory

Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	f_1 [–]	f_2 [–]	$f_{ia,k}$ [–]
Stěna TM	6,8	24	24	18	1,13	0,17	0	0,17
Stěna OP	6,8	24	24	20	0,87	0,11	0	0,11
Stěna chodba	3,3	24	24	20	1,13	0,11	0	0,11
Dveře chodba	1,6	24	24	20	2,00	0,11	0	0,11

$$H_{T,ia} = \sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle = \langle 6,8 \cdot 1,13 \cdot 0,17 + 6,8 \cdot 0,87 \cdot 0,11 + 3,3 \cdot 1,13 \cdot 0,11 + 1,6 \cdot 2,0 \cdot 0,11 \rangle = \mathbf{2,7 \text{ W/K}}$$

⁸ Hodnota ΔU_{TB} stanovena dle přílohy B pro nové budovy s optimalizovanými tepelnými vazbami v souladu s obecně uznávanou praxí

- Celková tepelná ztráta prostupem

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,ia}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = (1,19 + 0,62 + 2,7) \cdot (24 - (-12)) \\ = 162 \text{ W}$$

4.2 Tepelná ztráta větráním

Výpočet tepelné ztráty větráním je proveden dle normy ČSN EN 12831-1, kap. 6.3.3.3 univerzálním výpočtovým postupem, podle kterého je třeba postupovat v případě nuceného větrání.

- Tepelná ztráta větráním pro jednotlivé místnosti

$$\Phi_{V,i} = \rho \cdot c_p \cdot \left(\max(q_{v,env,i} + q_{v,open,i}; f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,techn,i}) \right. \\ \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + q_{v,sup,i} \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,z}) + q_{v,transfer,ij} \\ \left. \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_{transfer,ij}) \right) \quad [W] \quad (4.12)$$

kde:

$\Phi_{V,i}$	[W]	tepelná ztráta větráním místnosti
ρ	[kg/m ³]	hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě
c_p	[Wh/(kg · K)]	měrná tepelná kapacita vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě
$q_{v,env,i}$	[m ³ /h]	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy
$q_{v,open,i}$	[m ³ /h]	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti velkými otvory
f_{i-z}	[-]	poměr mezi minimálními objemovými průtoky vzduchu jednotlivých místností, které jsou součástí uvažované zóny a výsledným objemovým průtokem vzduchu zóny, $f_{i-z} = 0,5$
$q_{v,min,i}$	[m ³ /h]	minimální objemový průtok vzduchu místností
$q_{v,techn,i}$	[m ³ /h]	objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy
$q_{v,sup,i}$	[m ³ /h]	objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti
$q_{v,transfer,ij}$	[m ³ /h]	objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti ze sousední místnosti
$\theta_{rec,z}$	[°C]	teplota objem. průtoky vzduchu přiváděného do zóny po tom, co projde ZZT, a pokud je instalován, pasivním předehřevem
$\theta_{transfer,ij}$	[°C]	teplota $q_{v,transfer,ij}$

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy

$$q_{v,env,i} = \frac{q_{v,inf-add,z}}{q_{v,env,z}} \cdot \min\langle q_{v,env,z}; q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z} \rangle + \frac{q_{v,env,z} - q_{v,inf-add,z}}{q_{v,env,z}} \cdot q_{v,leak+ATD,i} \quad [m^3/h] \quad (4.13)$$

kde:

$q_{v,inf-add,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu dodatečnou infiltrací přiváděný do větrací zóny
$q_{v,env,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny obálkou budovy
$q_{v,leak+ATD,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními
$f_{dir,z}$	$[-]$	činitel orientace zóny, $f_{dir,z} = 2$ (dle normy str. 69)

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními

$$q_{v,leak+ATD,i} = q_{v,leak,z} \cdot \frac{A_{env,i}}{A_{env,z}} + q_{v,ATD,z} \cdot \frac{q_{v,ATD,design,i}}{q_{v,ATD,design,z}} \quad [m^3/h] \quad (4.14)$$

kde:

$q_{v,leak,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny netěsnostmi
$A_{env,i}$	$[m^2]$	obálka místnosti
$A_{env,z}$	$[m^2]$	obálka větrací zóny
$q_{v,ATD,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními
$q_{v,ATD,design,i}$	$[m^3/h]$	návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti
$q_{v,ATD,design,z}$	$[m^3/h]$	návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do zóny

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny netěsnostmi

$$q_{v,leak,z} = (1 - a_{ATD,z}) \cdot q_{v,env,z} \quad [m^3/h] \quad (4.15)$$

kde:

$a_{ATD,z}$	$[-]$	autorita koncových vzduchotechnických zařízení, která jsou instalována v zóně
-------------	-------	-------------------------------------------------------------------------------

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními

$$q_{v,ATD,z} = a_{ATD,z} \cdot q_{v,env,z} \quad [m^3/h] \quad (4.16)$$

- Autorita koncových vzduchotechnických zařízení, která jsou instalována v zóně

$$a_{ATD,z} = \frac{q_{v,ATD,50,z}}{q_{v,ATD,50,z} + q_{env,50} \cdot A_{env,z}} \quad [-] \quad (4.17)$$

kde:

$q_{v,ATD,50,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními při rozdílu tlaků 50 Pa
$q_{env,50}$	$[m^3/(m^2 \cdot h)]$	měrná průvzdušnost obálky při rozdílu tlaků 50 Pa, $q_{env,50} = 2 \text{ m}^3/(m^2 \cdot h)$ (dle normy str. 67)

- Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy

$$q_{v,techn,i} = \max\{q_{v,sup,i} + q_{v,transfer,ij}; q_{v,exh,i} + q_{v,comb,i}\} \quad [m^3/h] \quad (4.18)$$

kde:

$q_{v,sup,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti
$q_{v,exh,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu odváděný z místnosti
$q_{v,comb,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok spalovacího (nebo jakéhokoliv jiného technicky požadovaného) vzduchu odváděný z vytápěné místnosti

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny obálkou budovy

$$q_{v,env,z} = \max\{q_{v,exh,z} + q_{v,comb,z} - q_{v,sup,z}; 0\} + q_{v,inf-add,z} \quad [m^3/h] \quad (4.19)$$

$$q_{v,exh,z} = \sum_i q_{v,exh,i} \quad [m^3/h] \quad (4.20)$$

$$q_{v,comb,z} = \sum_i q_{v,comb,i} \quad [m^3/h] \quad (4.21)$$

$$q_{v,sup,z} = \sum_i q_{v,sup,i} \quad [m^3/h] \quad (4.22)$$

kde:

$q_{v,sup,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu přiváděný do zóny
$q_{v,exh,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu odváděný ze zóny

$q_{v,comb,z}$ [m^3/h] objemový průtok spalovacího (nebo jakéhokoliv jiného technicky požadovaného) vzduchu přiváděný do zóny

- Objemový průtok vzduchu dodatečnou infiltrací přiváděný do větrací zóny

$$q_{v,inf-add,z} = (q_{env,50} \cdot A_{env,z} + q_{v,ATD,50,z}) \cdot f_{qv,z} \cdot f_{e,z} \quad [m^3/h] \quad (4.23)$$

kde:

$f_{qv,z}$ [–] činitel objemového průtoku, $f_{qv,z} = 0,05$ (dle normy str. 68)

$f_{e,z}$ [–] opravný činitel zohledňující rozdíl tlaků způsobený nerovnotlakým větráním (pro rovnotlaké $f_{e,z} = 1$)

- Objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními při rozdílu tlaků 50 Pa

$$q_{v,ATD,50,z} = q_{v,ATD,design,z} \cdot \left(\frac{50 [Pa]}{\Delta p_{ATD,design,z}} \right)^{v_{leak,z}} \quad [m^3/h] \quad (4.24)$$

kde:

$\Delta p_{ATD,design,z}$ [Pa] návrhový rozdíl tlaků koncových vzduchotechnických zařízení ve větrací zóně,

$\Delta p_{ATD,design,z} = 4$ (dle normy str. 68)

$v_{leak,z}$ [–] tlakový exponent netěsnosti, $v_{leak,z} = 0,67$ (dle normy str. 69)

- Vzduchotěsnost

Vzduchotěsnost budovy může být zohledněna buď na základě průvzdušnosti obálky $q_{env,50}$, nebo intenzity větrání n_{50} . Obě hodnoty mohou být získány na základě měření vzduchotěsnosti nebo mohou být použity výchozí návrhové hodnoty.

$$q_{env,50} = \frac{n_{50} \cdot V_{build}}{A_{env,build}} = 2 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h}) \text{ (dle normy příloha B. 2.10.)} \quad (4.25)$$

kde:

n_{50} [h^{-1}] intenzita větrání při rozdílu tlaků 50 Pa

V_{build} [m^3] vnitřní objem budovy (objem vzduchu)

$A_{env,build}$ [m^2] obálka budovy

- Minimální objemový průtok vzduchu (počítá se z minimální intenzity větrání)

$$q_{v,min,i} = n_{min,i} \cdot V_i \quad [m^3/h] \quad (4.26)$$

kde:

$n_{min,i}$ [h^{-1}] minimální intenzita větrání místnosti, $n_{min} = 0,3 \text{ h}^{-1}$

V_i [m^3] vnitřní objem (objem vzduchu) místnosti

- Obálkové povrchy

Obálka budovy je definována jako povrch nebo množina povrchů oddělujících uvažovaný prostor od venkovního prostředí a od nevytápěných prostor. Určení rozměrů musí být provedeno na základě stejného zdroje, ze kterého byla stanovena hodnota vzduchotěsnosti. Pokud toto není známo, pak musí být obálkové povrchy stanoveny na základě venkovních rozměrů.

$$A_{env,build/(z,i)} = A_{fac,build/(z,i)} + A_{roof,build/(z,i)} + A_{bottom,build/(z,i)} \quad [m^2] \quad (4.27)$$

$$A_{env,z} = \sum_i \langle A_{env,i} \rangle \quad [m^2] \quad (4.28)$$

$$A_{env,i} = \sum_k \langle A_k \rangle \quad [m^2] \quad (4.29)$$

kde:

$A_{fac,build/(z,i)}$	$[m^2]$	plocha povrchu obálky budovy/(větrací zóny, místnosti)
$A_{roof,build/(z,i)}$	$[m^2]$	plocha střechy/stropu budovy/(větrací zóny, místnosti)
$A_{bottom,build/(z,i)}$	$[m^2]$	plocha podlahy budovy/(větrací zóny, místnosti)
A_k	$[m^2]$	plocha povrchu stavebních částí náležících do místnosti, které oddělují uvažovaný prostor od venkovního prostředí a od nevytápěných prostor

- Stanovení teplot přiváděného a odváděného vzduchu

$$\theta_{rec,z} = \theta_{e,o} + \eta_{rec,z} \cdot (\theta_{exh,z} - \theta_{e,o}) \quad [^\circ C] \quad (4.30)$$

kde:

$\theta_{e,o}$	$[^\circ C]$	teplota venkovního předeřátého vzduchu po průchodu předeřívacím registrem
$\eta_{rec,z}$	$[-]$	účinnost ZZT větracího systému příslušejícího zóně, za venkovních návrhových podmínek

- Teplota objemového průtoku vzduchu odváděného ze zóny

$$\theta_{exh,z} = \frac{\sum_i (q_{v,exh,i} \cdot \theta_{int,i}^*)}{\sum_i q_{v,exh,i}} \quad [^\circ C] \quad (4.31)$$

4.2.1 Vzorový výpočet tepelné ztráty nuceným větráním pro místnost 108

- Teplota objemového průtoku vzduchu odváděného ze zóny

$$\theta_{exh,z} = \frac{\sum_i (q_{v,exh,i} \cdot \theta_{int,i}^*)}{\sum_i q_{v,exh,i}} = \frac{35 \cdot 20 + 120 \cdot 20 + 70 \cdot 24 + 20 \cdot 18 + 70 \cdot 24}{35 + 120 + 70 + 20 + 70} = \mathbf{21,7\text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Teplota objemového průtoku venkovního vzduchu po průchodu předeřívacím registrem a ZZT⁹

$$\theta_{rec,z} = \theta_{e,o} + \eta_{rec,z} \cdot (\theta_{exh,z} - \theta_{e,o}) = -6 + 0,8 \cdot (21,7 - (-6)) = \mathbf{16,1\text{ }^{\circ}\text{C}}$$

- Minimální objemový průtok vzduchu

$$q_{v,min,i} = 0,3 \cdot 12,4 = \mathbf{3,7\text{ m}^3/h}$$

- Objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními při rozdílu tlaků 50 Pa

$$q_{v,ATD,50,z} = q_{v,ATD,design,z} \cdot \left(\frac{50 [Pa]}{\Delta p_{ATD,design,z}} \right)^{v_{leak,z}} = 315 \cdot \left(\frac{50}{4} \right)^{0,67} = \mathbf{1711\text{ m}^3/h}$$

- Objemový průtok vzduchu dodatečnou infiltrací přiváděný do větrací zóny

$$q_{v,inf-add,z} = (q_{env,50} \cdot A_{env,z} + q_{v,ATD,50,z}) \cdot f_{qv,z} \cdot f_{e,z} = (2 \cdot 406 + 1711) \cdot 0,05 \cdot 1 = \mathbf{126\text{ m}^3/h}$$

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny obálkou budovy

$$q_{v,exh,z} = 315\text{ m}^3/h \quad q_{v,comb,z} = 0\text{ m}^3/h \quad q_{v,sup,z} = 315\text{ m}^3/h$$

$$q_{v,env,z} = \max\langle q_{v,exh,z} + q_{v,comb,z} - q_{v,sup,z}; 0 \rangle + q_{v,inf-add,z} = \max\langle 315 + 0 - 315; 0 \rangle + 126 = \mathbf{126\text{ m}^3/h}$$

- Objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy

$$q_{v,techn,i} = \max\langle q_{v,sup,i} + q_{v,transfer,ij}; q_{v,exh,i} + q_{v,comb,i} \rangle = \max\langle 0 + 70; 70 + 0 \rangle = \mathbf{70\text{ m}^3/h}$$

⁹ Instalovaný předeřívací registr v případě potřeby předeřívá venkovní vzduch na teplotu přibližně -6 °C. Tato teplota je tedy ve výpočtu považována za teplotu venkovního nasávaného vzduchu.

- Autorita koncových vzduchotechnických zařízení, která jsou instalována v zóně

$$a_{ATD,z} = \frac{q_{v,ATD,50,z}}{q_{v,ATD,50,z} + q_{env,50} \cdot A_{env,z}} = \frac{1711}{1711 + 2 \cdot 406} = \mathbf{0,68}$$

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními

$$q_{v,ATD,z} = a_{ATD,z} \cdot q_{v,env,z} = 0,68 \cdot 126 = \mathbf{85,7 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny netěsnostmi

$$q_{v,leak,z} = (1 - a_{ATD,z}) \cdot q_{v,env,z} = (1 - 0,68) \cdot 126 = \mathbf{40,3 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními

$$q_{v,leak+ATD,i} = q_{v,leak,z} \cdot \frac{A_{env,i}}{A_{env,z}} + q_{v,ATD,z} \cdot \frac{q_{v,ATD,design,i}}{q_{v,ATD,design,z}} = 40,3 \cdot \frac{13,2}{406} + 85,7 \cdot \frac{0}{315} = \mathbf{1,3 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy

$$q_{v,env,i} = \frac{q_{v,inf-add,z}}{q_{v,env,z}} \cdot \min\langle q_{v,env,z}; q_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z} \rangle + \frac{q_{v,env,z} - q_{v,inf-add,z}}{q_{v,env,z}} \cdot q_{v,leak+ATD,i} = \frac{126}{126} \cdot \min\langle 126; 1,3 \cdot 2 \rangle + \frac{126 - 126}{126} \cdot 1,3 = \mathbf{2,6 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- Tepelná ztráta místnosti větráním

$$\Phi_{V,i} = \rho \cdot c_p \cdot \left(\max\langle q_{v,env,i} + q_{v,open,i}; f_{i-z} \cdot q_{v,min,i} - q_{v,techn,i} \rangle \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_e) + q_{v,sup,i} \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_{rec,z}) + q_{v,transfer,ij} \cdot (\theta_{int,i}^* - \theta_{transfer,ij}) \right) = 1,2 \cdot 0,28 \cdot \left(\max\langle 2,6 + 0; 0,5 \cdot 3, -70 \rangle \cdot (24 - (-12)) + 0 \cdot (24 - 16,2) + 70 \cdot (24 - 20) \right) = \mathbf{125 \text{ W}}$$

- Celková tepelná ztráta místnosti 108

$$\Phi_{HL,i} = 162 + 125 = \mathbf{287 \text{ W}}$$

Tab. 4.4 Celkové tepelné ztráty

Místnost	Tepelná ztráta prostupem [W]	Tepelná ztráta větráním [W]	Celková tepelná ztráta [W]
101	-28	41	13
102	215	81	296
103	23	7	30
104	-12	9	-3
105	166	41	207
106	301	702	1003
107	326	709	1035
108	162	125	287
109	19	1	20
201	270	159	429
202	283	422	705
203	341	439	780
204	290	157	447
205	272	411	683
Celkem	2627	3303	5930

5 NÁVRH VYTÁPĚNÍ

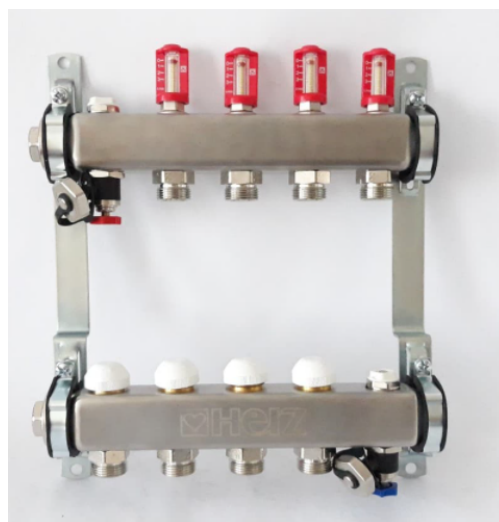
Vzhledem k nízkým tepelným ztrátám domu je výhodné pro vytápění využít velkoplošný nízkoteplotní způsob. Pro RD Doubrava bylo navrženo vytápění podlahovým teplovodním topením, které bylo v koupelnách doplněno o elektrické žebříky, z důvodu nedostatečného výkonu PV a možnosti sušení ručníků. Jelikož na vstupu do podlahového vytápění stačí nízká teplota otopné vody a RD nedisponuje přípojkou na zemní plyn, bylo jako nejvhodnější zdroj pro vytápění zvoleno elektrické tepelné čerpadlo. V této kapitole je dále podrobně popsán návrh celé otopné soustavy.

5.1 Návrh podlahového vytápění

Jak již bylo zmíněno, pro vytápění RD bude do místností instalováno podlahové topení. Způsob instalace bude mokrý, jednotlivé smyčky budou zality anhydritovou vrstvou. Pro podlahové vytápění bylo zvoleno potrubí Herz PE-RT s vnějším průměrem 16 mm a tloušťkou stěny 2 mm. Potrubí jednotlivých smyček budou napojena pomocí svěrného šroubení na nerezový rozdělovač a sběrač Herz 683x, který je zobrazen na obr. 5.2. Potrubí bude instalováno ve tvaru plošné spirály a upevněno k podlaze pomocí příchyttek. Tento způsob pokládky ilustruje obr. 5.1. Po obvodu místností musí být instalována dilatační páska. Při přechodech mezi jednotlivými místnostmi bude anhydritový potěr také oddělen dilatační páskou a potrubí v tomto přechodu bude vedeno v ochranné trubce.



Obr. 5.1 PV - plošná spirála [22]



Obr. 5.2 Rozdělovač Herz 863x [23]

5.1.1 Výpočet podlahového vytápění

Výkon podlahového vytápění ovlivňuje mnoho parametrů. Jedním z nich je vstupní teplota otopné vody a teplotní spád. Vstupní teplota otopné vody byla zvolena na 33 °C a teplotní spád 6 K, z čehož plyne střední teplota otopné vody $t_m = 30\text{ °C}$. Další teplota, která ovlivňuje návrh, je teplota povrchu podlahy, která závisí na skladbě podlahy nad osou trubek podlahového vytápění a nesmí přesáhnout určitou maximální hodnotu. Maximální přípustné teploty povrchu podlahy se liší pro jednotlivé místnosti, kdy závisí na předpokladu, jestli je zde očekávána chůze naboso nebo například trvalý pobyt osob [10]. Tyto maximální přípustné teploty znázorňuje tab. 5.1. Teplotu povrchu lze vypočítat dle rovnice (5.1). Následující výpočty, popisující návrh jednotlivých smyček PV, byly provedeny dle přednášek z předmětu Vytápění a Topenářské příručky [11].

Tab. 5.1 Maximální povrchové teploty podlahy [10]

Typ místnosti	t_p
Pro trvalý pobyt (obytné místnosti)	27 - 28 °C
Pomocné místnosti (předsíně, chodby, schodiště)	30 – 32 °C
Místnosti, kde převážně chodí člověk bos (koupelny)	32 – 34 °C

- Střední povrchová teplota podlahy

$$t_p = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{tgh\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)}{m \cdot \frac{l}{2}} + t_i \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (5.1)$$

kde:

Λ_a	$[W/(m^2K)]$	tepelná propustnost vrstev nad osou trubek
α_p	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy
t_m	$[^{\circ}\text{C}]$	střední teplota otopné vody
t_i	$[^{\circ}\text{C}]$	vnitřní výpočtová teplota
m	$[m^{-1}]$	charakteristické číslo podlahy
l	$[m]$	rozteč trubek

- Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} \quad [W/(m^2K)] \quad (5.2)$$

kde:

a	$[m]$	tepelná propustnost vrstev nad osou trubek
λ_a	$[W/(m \cdot K)]$	součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek

- Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy

$$\alpha_p = \alpha_{sp} + \alpha_{kp} = 5,4 + 6,6 = 12 \text{ W}/(m^2K) \quad (5.3)$$

kde:

α_{sp}	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla podlahy sáláním
α_{kp}	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla podlahy konvekci

- Charakteristické číslo podlahy

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d_{PV}}} \quad [m^{-1}] \quad (5.4)$$

kde:

Λ_b	$[W/(m^2K)]$	tepelná propustnost vrstev pod trubkami
λ_d	$[W/(m \cdot K)]$	součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zality trubky
d_{PV}	$[m]$	vnější průměr trubek podlahového vytápění

- Tepelná propustnost vrstev pod trubkami

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha'_p}} \quad [W/(m^2K)] \quad (5.5)$$

kde:

b	$[m]$	tloušťka jednotlivých vrstev pod trubkami
α'_p	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla na spodní straně stropu, $\alpha'_p = 8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

- Tepelný tok směrem nahoru

$$\dot{q} = \alpha_p \cdot (t_p - t_i) \quad [W/m^2] \quad (5.6)$$

- Tepelný tok směrem dolů

$$\dot{q}' = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha'_p}{\Lambda_a} \cdot (t_p - t_i) + \Lambda_b \cdot (t_i - t'_i) \quad [W/m^2] \quad (5.7)$$

kde:

t'_i	$[^\circ C]$	teplota v místnosti pod podlahou
--------	--------------	----------------------------------

- Velikost otopné plochy v případě instalace podlahového vytápění na celou plochu místnosti¹⁰

$$S_p = (A - 2 \cdot r) \cdot (B - 2 \cdot r) \quad [m^2]$$

kde:

A, B	$[m]$	rozměry místnosti
r	$[m]$	šířka okraje otopné plochy

¹⁰ Pokud bude podlahové vytápění instalováno pouze v určité části místnosti, je velikost otopné plochy dána pouze rozměry otopné plochy

- Šířka okraje otopné plochy

$$r = \frac{2,3}{m} \quad [m^{-1}] \quad (5.8)$$

- Celkový tepelný příkon otopné plochy, který je třeba dodat ve vodě

$$\dot{Q}_{PC} = (\dot{q} + \dot{q}') \cdot S_P \quad [W] \quad (5.9)$$

- Skutečný tepelný výkon podlahové plochy

$$\dot{Q}_{PC,skut.} = \dot{Q}_P + \dot{Q}_0 \quad [W] \quad (5.10)$$

kde:

\dot{Q}_0 $[W]$ tepelný výkon dodaný okrajovou plochou

- Tepelný výkon dodaný okrajovou plochou

$$\dot{Q}_0 = \dot{Q}_P \cdot \frac{O_P}{S_P} \cdot \frac{0,448 \cdot l}{tgh\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} \quad [W] \quad (5.11)$$

kde:

O_P $[m]$ obvod otopné plochy vymezené okrajovými trubkami

- Obvod otopné plochy vymezené okrajovými trubkami

$$O_P = 2 \cdot [(A - 2 \cdot r) + (B - 2 \cdot r)] \quad [m^2] \quad (5.12)$$

- Skutečný celkový výkon otopné podlahové plochy

$$\dot{Q}_C = \left(1 + \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_P}\right) \cdot (\dot{q} + \dot{q}') \cdot S_P \quad [W] \quad (5.13)$$

- Celkový výkon otopné podlahové plochy dodávaný do místnosti

$$\dot{Q}_{CM} = \left(1 + \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_P}\right) \cdot \dot{q} \cdot S_P \quad [W] \quad (5.14)$$

Při vytápění podlahovým topením je nutné uvažovat také nábytek v místnosti. Vliv nábytku na vysokých nohách je možné zanedbat, v ploše pod nábytkem na nízkých nohách dochází ke snížení výkonu o přibližně polovinu a v ploše pod nábytkem se soklem se celý výkon plochy pod nábytkem odečítá [10].

- Celkový výkon podlahového vytápění do místnosti s uvažováním nábytku

$$\dot{Q}_{C,skut.} = \dot{Q}_{CM} - S_n \cdot (\dot{q} - \dot{q}_n) \quad [W] \quad (5.15)$$

kde:

S_n	$[m^2]$	plocha zakrytá nábytkem
\dot{q}_n	$[W/m^2]$	měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem, $\dot{q}_n = 0$ až 100 % z \dot{q} (dle typu nábytku)

Vzorový výpočet pro místnost 108

- Střední povrchová teplota podlahy

$$t_p = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{tgh\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)}{m \cdot \frac{l}{2}} + t_i = \frac{7,54}{12} \cdot (30 - 24) \cdot \frac{tgh\left(9,01 \cdot \frac{0,075}{2}\right)}{9,01 \cdot \frac{0,075}{2}} + 24$$

$$= 27,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek

$$\Lambda_a = \frac{1}{\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_p}} = \frac{1}{0,0493 + \frac{1}{12}} = 7,54 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

- Charakteristické číslo podlahy

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d_{PV}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (7,54 + 0,15)}{\pi^2 \cdot 1,2 \cdot 0,016}} = 9,01 \text{ m}^{-1}$$

- Tepelná propustnost vrstev pod trubkami

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha'_p}} = \frac{1}{6,71 + \frac{1}{8}} = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

- Tepelný tok směrem nahoru

$$\dot{q} = \alpha_p \cdot (t_p - t_i) = 12 \cdot (27,6 - 24) = 43,2 \text{ W/m}^2$$

- Tepelný tok směrem dolů

$$\dot{q}' = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha'_p}{\Lambda_a} \cdot (t_p - t_i) + \Lambda_b \cdot (t_i - t'_i) = 0,15 \cdot \frac{8}{7,54} \cdot (27,6 - 24) + 0,15 \cdot (24 - 5)$$

$$= 3,4 \text{ W/m}^2$$

- Velikost otopné plochy

$$S_p = (A - 2 \cdot r) \cdot (B - 2 \cdot r) = (1,8 - 2 \cdot 0,26) \cdot (2,5 - 2 \cdot 0,26) = 2,5 \text{ m}^2$$

- Šířka okraje otopné plochy

$$r = \frac{2,3}{m} = \frac{2,3}{9,01} = \mathbf{0,26\ m}$$

- Celkový tepelný příkon otopné plochy, který je třeba dodat ve vodě

$$\dot{Q}_{PC} = (\dot{q} + \dot{q}') \cdot S_P = (43,2 + 3,4) \cdot 2,5 \doteq \mathbf{120\ W}$$

- Obvod otopné plochy vymezené okrajovými trubkami

$$O_P = 2 \cdot [(A - 2 \cdot r) + (B - 2 \cdot r)] = 2 \cdot [(1,8 - 2 \cdot 0,26) + (2,5 - 2 \cdot 0,26)] = \mathbf{6,5\ m}$$

- Skutečný celkový výkon otopné podlahové plochy

$$\frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_P} = \frac{O_P}{S_P} \cdot \frac{0,448 \cdot l}{tgh\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} = \frac{6,4}{2,5} \cdot \frac{0,448 \cdot 0,1}{tgh\left(8,52 \cdot \frac{0,1}{2}\right)} = \mathbf{0,26}$$

$$\dot{Q}_C = \left(1 + \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_P}\right) \cdot (\dot{q} + \dot{q}') \cdot S_P = (1 + 0,26) \cdot (43,2 + 3,4) \cdot 2,5 \doteq \mathbf{150\ W}$$

- Celkový výkon otopné podlahové plochy dodávaný do místnosti

$$\dot{Q}_{CM} = \left(1 + \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_P}\right) \cdot \dot{q} \cdot S_P = (1 + 0,26) \cdot 43,2 \cdot 2,5 \doteq \mathbf{140\ W}$$

- Celkový výkon podlahového vytápění do místnosti s uvažováním nábytku

$$\dot{Q}_{C,skut.} = \dot{Q}_{CM} - S_n \cdot (\dot{q} - \dot{q}_n) = 140 - 1,35 \cdot (43,2 - 0) = \mathbf{82\ W}$$

V tab. 5.2 jsou znázorněny navržené podlahové otopné plochy se střední povrchovou teplotou pro jednotlivé místnosti, tepelné ztráty místností a přebytek, případně nedostatek výkonu po instalaci podlahového vytápění.

Tab. 5.2 Návrh podlahového vytápění pro 1. NP

Místnost	t_p [°C]	l [m]	Tepelná ztráta [W]	Výkon podlahy do místnosti [W]	Chybějící výkon [W]
102 ¹¹	24,1	0,3	296	328	-31
105	24,1	0,3	207	462	-255
106 ¹²	25,3	0,15	1003	1044	-41
107	25,3	0,15	1035	368	-8
107	25,3	0,15		348	
107	25,3	0,15		328	
108	27,6	0,075	287	82	205

Tab. 5.3 Návrh podlahového vytápění pro 2. NP

Místnost	t_p [°C]	l [m]	Tepelná ztráta [W]	Výkon podlahy do místnosti [W]	Chybějící výkon [W]
201	22,5	0,2	429	434	-5
202	24,3	0,25	705	358	-33
202	24,3	0,25		380	
203	24,8	0,2	780	497	-18
203	24,8	0,2		301	
204	27,6	0,075	448	270	178
205	25,2	0,15	682	334	-1
205	25,2	0,15		349	

V některých místnostech byly navrženy 2 až 3 smyčky podlahového vytápění z důvodu vysokých tlakových ztrát v případě, kdy by byla instalována pouze 1 smyčka, a následným problémům se zaregulováním na rozdělovači. Pro obě koupelny je výkon podlahového vytápění nedostatečný. Budou zde tedy instalovány navíc elektrické otopné žebříky Korado KR-TER 700.600 s výkonem 300 W. Pro místnost 103 (WC) je tepelná ztráta pouze 30 W, a proto nebyla pro tuto místnost navržena samostatná smyčka, ale bude zde instalována část ze smyčky okruhu pro místnost 102.

Pro místnost 105 (kuchyně) výpočtem vychází výkon podlahového vytápění poměrně vysoký, v porovnání s tepelnou ztrátou, a tento výkon bude snížen nastavením nižšího průtoku touto smyčkou na rozdělovači. Toto snížení bude upřesněno v hydraulickém výpočtu PV.

¹¹ Část smyčky bude vedena na WC

¹² 2 smyčky se stejnými parametry

Hydraulický výpočet

Při proudění otopné vody v jednotlivých smyčkách podlahového vytápění vznikají ztráty, které lze rozdělit na délkové, způsobené třením a místní, způsobené místními odpory. Celkové ztráty je možné vypočítat dle rovnice (5.16).

$$\Delta p_z = \Delta p_{zl} + \Delta p_{zm} \quad [Pa] \quad (5.16)$$

kde:

Δp_{zl}	[Pa]	délkové tlakové ztráty
Δp_{zm}	[Pa]	místní tlakové ztráty

Aby bylo možné vypočítat jednotlivé typy ztrát, je nejprve potřeba zjistit hmotnostní tok kapaliny dle rovnice (5.17), a z něho vypočítat rychlost proudění kapaliny v jednotlivých smyčkách.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{PC} \cdot 3600}{c_{H_2O} \cdot \Delta t} \quad [kg/h] \quad (5.17)$$

kde:

c_{H_2O}	[J/(kg · K)]	měrná tepelná kapacita vody
Δt	[K]	teplotní spád OS

- Rychlost proudění kapaliny

$$w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{3600 \cdot \rho \cdot \pi \cdot d_{PV,i}^2} \quad [m/s] \quad (5.18)$$

kde:

ρ_{H_2O}	[kg/m ³]	hustota otopné vody
$d_{PV,i}$	[m]	vnitřní průměr potrubí podlahového vytápění

- Délka smyčky

$$L_{PV} = \frac{S_P}{l} \cdot 1,05 + L_P \quad [m] \quad (5.19)$$

kde:

L_P	[m]	délka přípojky PV
-------	-----	-------------------

- Délková tlaková ztráta

$$\Delta p_{zl} = R_z \cdot L_{PV} \quad [Pa] \quad (5.20)$$

kde:

R_z	[Pa/m]	měrná tlaková ztráta
-------	--------	----------------------

- Měrná tlaková ztráta

$$R_z = \frac{\lambda}{d_{PV,i}} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{H_2O} \quad (5.21)$$

kde:

λ $[-]$ součinitel ztráty třením

- Součinitel ztráty třením pro plastové potrubí do $Re < 10^5$ dle [11]

$$\lambda = 0,738 \cdot \frac{d_{PV,i}^{0,068}}{Re^{0,3}} \quad (5.22)$$

kde:

Re $[-]$ Reynoldsovo číslo

- Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{w \cdot d_{PV,i}}{\nu} \quad [-] \quad (5.23)$$

kde:

ν $[m^2/s]$ kinematická viskozita vody, $\nu = 8,01 \cdot 10^{-7} m^2/s$ (pro 30 °C) [12]

- Místní tlaková ztráta

Pro podlahové vytápění se tato ztráta vypočte na základě počtu ohybů ve smyčce. Úhel ohybu v plošné spirále je 90°.

$$\Delta p_{zm} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{H_2O} \quad [Pa] \quad (5.24)$$

kde:

ξ $[-]$ součinitel místního odporu

- Celkový součinitel místních odporů

$$\sum \xi = 2 \cdot (n - 1) \cdot \xi_{90} \quad (5.25)$$

kde:

n $[-]$ počet potrubí ve smyčce

ξ_{90} $[-]$ součinitel místní ztráty pro ohyb 90°

- Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°

$$\xi_{90} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{R_{za}}{d_{i,PV}} \quad (5.26)$$

kde:

R_{za} [m] poloměr zaoblení potrubí

Vzorový výpočet pro místnost 108

- Hmotnostní tok

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_{PC} \cdot 3600}{c_{H_2O} \cdot \Delta t} = \frac{120 \cdot 3600}{4180 \cdot 6} = \mathbf{17,2 \text{ kg/h}}$$

- Rychlost proudění kapaliny

$$w = \frac{4 \cdot \dot{m}}{3600 \cdot \rho_{H_2O} \cdot \pi \cdot d_{PV,i}^2} = \frac{4 \cdot 17,2}{3600 \cdot 995,7 \cdot \pi \cdot 0,012^2} = \mathbf{0,042 \text{ m/s}}$$

- Délka smyčky

$$L_{PV} = \frac{S_P}{l} \cdot 1,05 + L_P = \frac{2,5}{0,075} \cdot 1,05 + 3,4 \doteq \mathbf{40 \text{ m}}$$

- Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{w \cdot d_{PV,i}}{\nu} = \frac{0,042 \cdot 0,012}{8,01 \cdot 10^{-7}} = \mathbf{630}$$

- Měrná tlaková ztráta

$$R_z = \frac{\lambda}{d_{PV,i}} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{H_2O} = \frac{0,078747}{0,012} \cdot \frac{0,042^2}{2} \cdot 995,7 = \mathbf{5,9 \text{ Pa/m}}$$

- Délková tlaková ztráta

$$\Delta p_{zl} = R_z \cdot L_{PV} = 5,9 \cdot 40 \doteq \mathbf{238 \text{ Pa}}$$

- Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°

$$\xi_{90} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{R_{za}}{d_{i,PV}} = 0,034083 + 0,744580769 \cdot \ln \frac{0,03}{0,012} = \mathbf{0,7}$$

- Celkový součinitel místních odporů

$$\sum \xi = 2 \cdot (14 - 1) \cdot 0,7 = \mathbf{18,2}$$

- Místní tlaková ztráta

$$\Delta p_{zm} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho_{H_2O} = 18,2 \cdot \frac{0,042^2}{2} \cdot 995,7 = \mathbf{16 \text{ Pa}}$$

- Celková tlaková ztráta

$$\Delta p_z = \Delta p_{zl} + \Delta p_{zm} = 238 + 16 \doteq \mathbf{254\ Pa}$$

V tab. 5.4 a tab. 5.5 jsou znázorněny výsledky hydraulického výpočtu PV. Jsou zde zobrazeny hmotnostní průtoky jednotlivých smyček, jejich tlakové ztráty, tlakové ztráty, na které je třeba nastavit rozdělovač, aby měly všechny smyčky stejnou tlakovou ztrátu a nastavení rozdělovače. Nomogram pro nastavení rozdělovače je součástí přílohy této práce.

Tab. 5.4 Tlakové ztráty rozdělovače A

Místnost	Smyčka	Hmotnostní tok [kg/h]	Tlaková ztráta smyčky [Pa]	Tlaková ztráta rozdělovače [Pa]	Nastavení rozdělovače
102	A1	43,6	873	3362	0,75
105 ¹³	A2	33,7	875	3360	0,5
106	A3	66,0	3970	265	2,75
106	A4	66,1	4045	190	3
107	A5	59,0	2321	1914	1,25
107	A6	42,6	1324	2910	0,75
107	A7	51,9	2044	2191	1
108	A8	17,3	254	3981	0,25

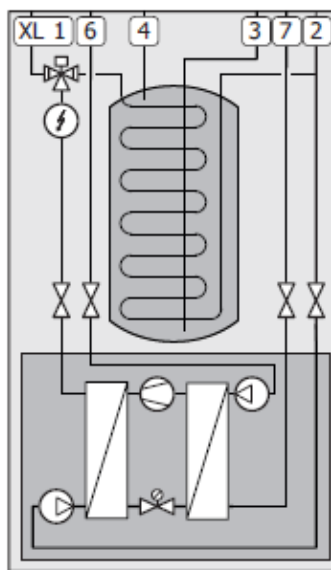
Tab. 5.5 Tlakové ztráty rozdělovače B

Místnost	Smyčka	Hmotnostní tok [kg/h]	Tlaková ztráta smyčky [Pa]	Tlaková ztráta rozdělovače [Pa]	Nastavení rozdělovače
201	B3	62,0	3953	1404	1,5
202	B4	57,6	2217	3140	1,0
202	B5	50,3	1589	3768	0,75
203	B6	75,4	4539	818	2,0
203	B7	77,5	5087	270	3,0
204	B8	51,5	4220	1137	1,25
205	B1	48,6	1843	3514	0,75
205	B2	46,3	1611	3746	0,75

¹³ Hmotnostní průtok snížen oproti původnímu na 33,7 kg/h, aby výkon PV do místnosti odpovídal tepelné ztrátě místnosti

5.2 Zdroj tepla

Jako zdroj tepla pro otopnou soustavu bylo zvoleno elektrické tepelné čerpadlo země-voda NIBE S1255 s řízeným výkonem kompresoru a maximálním výkonem 6 kW. Součástí zařízení je vestavěný elektrokotel o maximálním výkonu 6,5 kW a oběhová čerpadla pro topný i primární okruh. Připojení na topný okruh se provádí shora, na primární okruh shora, případně z boku. SCOP pro ohřev vody na 35 °C je 5,2. TČ dále obsahuje zásobník na teplou vodu o objemu 180 l [13]. Na obr. 5.3 je znázorněno schéma vnitřního propojení nejdůležitějších komponent a jednotlivá připojení, kdy XL1 a 2 je připojení na otopnou soustavu, 3 a 4 je připojení na TV a 6 a 7 je připojení primárního okruhu. Obrázek také znázorňuje skutečnou podobu TČ.



Obr. 5.3 TČ NIBE S1255 [13]

5.2.1 Tlakové ztráty od zdroje k rozdělovačům

Pro napojení rozdělovačů ke zdroji tepla bylo využito potrubí IVAR.AL-PEX ISOL 26×3 mm s izolačním pláštěm 6 mm. Schéma zapojení je možné vidět ve výkresech, které tvoří přílohu této práce. Pro správné zaregulování soustavy bylo třeba spočítat tlakové ztráty jednotlivých úseků připojení. V tab. 5.6 jsou znázorněny tlakové ztráty rozvodů od zdroje k rozdělovačům a celkové tlakové ztráty s připočtením ztrát podlahového vytápění.

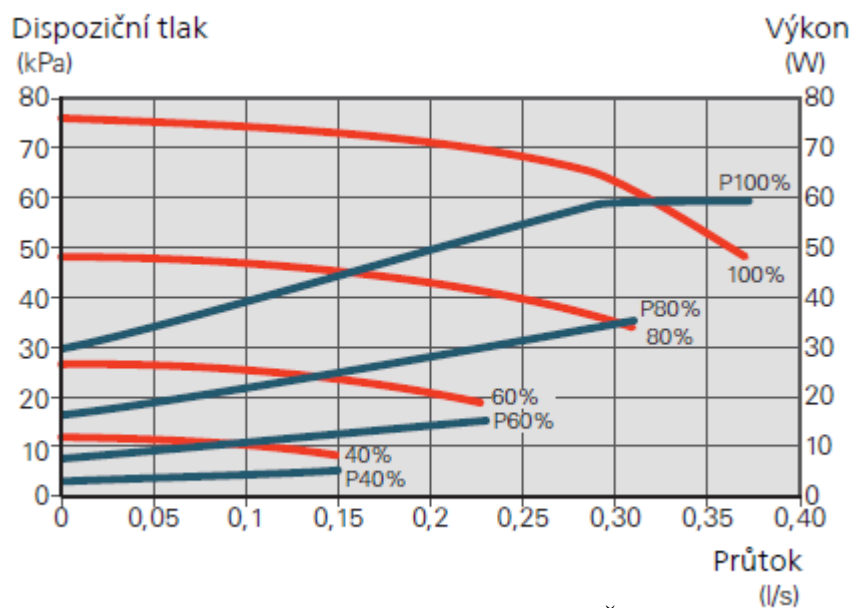
Tab. 5.6 Tlakové ztráty od zdroje k rozdělovači a celkové tlakové ztráty OS

Úsek	Hmotnostní tok [kg/h]	Tlaková ztráta [Pa]	Úsek	Hmotnostní tok [kg/h]	Tlaková ztráta [Pa]
Trasa k rozdělovači A			Trasa k rozdělovači B		
1-S	850	2 285	1-S	850	2 285
S-RA	380	606	S-RB	469	2 135
S-RA'	380	500	S-RB'	469	1 863
1-S'	850	2 285	1-S'	850	2 285
TZ RA	4 235		TZ RB	5 357	
Celkem	9 911		Celkem	13 925	

Je zřejmé, že okruh s rozdělovačem B má vyšší tlakovou ztrátu, a to přibližně o 4 kPa. Je tedy nutné před rozdělovač A napojit regulační šroubení s touto tlakovou ztrátou. Bylo vybráno RŠ STK IMI, které bude nastaveno na stupeň 2. Nomogram pro určení nastavení je součástí přílohy této práce. Na přípojky k rozdělovači budou v těsné blízkosti instalovány také uzavírací kochouty. Součástí rozdělovače je vypouštěcí a odvzdušňovací ventil.

5.3 Návrh oběhového čerpadla

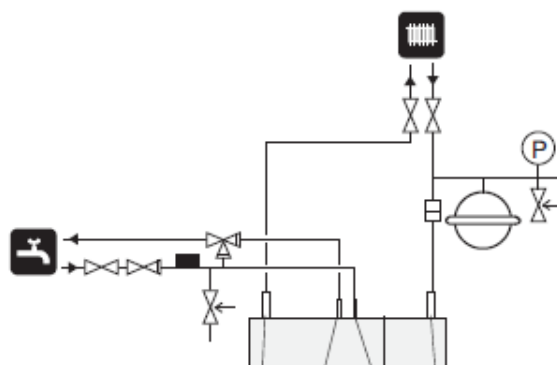
Zvolený zdroj tepla má již ve své konstrukci zabudované oběhové čerpadlo. Bylo tedy třeba ověřit, zda instalované OČ vyhovuje navrženému průtoku a tlakové ztrátě otopné soustavy, nebo bude třeba instalace externího OČ. Objemový průtok soustavou je 0,24 l/s a tlaková ztráta, kterou má být oběhové čerpadlo schopno pokrýt, činí přibližně 14 kPa. Obr. 5.4 znázorňuje charakteristiku čerpadla, kterou výrobce udává ve své instalační příručce. Po konzultaci s výrobcem není nutná instalace externího oběhového čerpadla. Vestavěné čerpadlo bude pracovat na úrovni přibližně 50 % rychlosti.



Obr. 5.4 Charakteristika vestavěného OČ [13]

5.4 Návrh zabezpečovacích zařízení

Aby bylo možné otopnou soustavu bezpečně provozovat, musí být doplněna expanzní nádobou a pojistným ventilem. Schéma zapojení zabezpečovacích zařízení udávané výrobcem zdroje je možné vidět na obr. 5.5.



Obr. 5.5 Schéma zapojení zabezpečovacích zařízení [21]

5.4.1 Expanzní nádoba

Expanzní nádoba je zařízení, které slouží k ochraně otopné soustavy, a to tak, že udržuje a vyrovnává tlaky v soustavě při ohřevu a ochlazení otopné vody. Potřebný objem EN je možné vypočítat dle rovnice (5.27).

- Expanzní objem

$$V_{exp} = 1,3 \cdot n_z \cdot V_0 \cdot \frac{1}{\frac{p_{h,dovA} - p_{d,dovA}}{p_{h,dovA} + 100}} \quad [l] \quad (5.27)$$

kde:

n_z	$[-]$	součinitel zvětšení objemu kapaliny
V_0	$[l]$	vodní objem soustavy
$p_{h,dovA}$	$[Pa]$	nejvyšší dovolený přetlak
$p_{d,dovA}$	$[Pa]$	nejnižší dovolený přetlak

- Součinitel zvětšení objemu kapaliny

$$n_z = \frac{1000}{\rho_{t,max}} - \frac{1000}{\rho_{10\text{ }^{\circ}\text{C}}} = \frac{1000}{998} - 1,0004 = 0,0117 \quad (5.28)$$

kde:

$\rho_{t,max}$	$[kg/m^3]$	hustota vody při maximální teplotě vody v soustavě, v tomto případě voleno pro 50 °C (rezerva v případě neočekávaného zvýšení teploty)
----------------	------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- Nejnižší dovolený přetlak

$$p_{d,dovA} = 1,1 \cdot \frac{h \cdot \rho_{30\text{ }^{\circ}\text{C}} \cdot g}{1000} = 1,1 \cdot \frac{3,2 \cdot 995,7 \cdot 9,81}{1000} = 34,4 \text{ kPa} \quad (5.29)$$

kde:

h	$[m]$	výška mezi expanzní nádobou a nejvyšším bodem otopné soustavy
-----	-------	---------------------------------------------------------------

- Velikost expanzní nádoby dosazením do rovnice (5.27)

$$V_{exp} = 1,3 \cdot 0,0117 \cdot 115,9 \cdot \frac{1}{\frac{250 - 34,4}{250 + 100}} = 2,85 \text{ l}$$

Pro instalaci do systému byla navržena uzavřená expanzní nádoba Regulus HS005 s objemem 5 l, která je znázorněna na obr. 5.6.

5.4.2 Pojistný ventil

Pojistný ventil slouží jako ochrana otopné soustavy před překročením nejvyššího dovoleného přetlaku. Pojistný ventil se navrhuje tak, aby byl schopen odvést požadované množství teplosné látky v případě, kdy by tlak v soustavě překročil nejvyšší dovolenou hodnotu.

- Minimální průřez sedla pojistného ventilu pro vodu

$$S_0 = \frac{2 \cdot \dot{Q}_p}{\alpha_v \cdot p_{ot}^{0,5}} = \frac{2 \cdot 9}{0,3 \cdot 250^{0,5}} = 3,8 \text{ mm}^2 \quad (5.30)$$

kde:

\dot{Q}_p	[kW]	pojistný výkon
α_v	[–]	výtokový součinitel
p_{ot}	[kPa]	otevírací přetlak

- Minimální vnitřní průměr pojistného potrubí

$$d_v = 10 + 0,6 \cdot \dot{Q}_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 9^{0,5} = 11,8 \text{ mm} \quad (5.31)$$

Vnitřní průměr pojistného potrubí byl navržen 20 mm a jako pojistný ventil byl zvolen pojistný ventil Regulus G 3/4'' FF, který je zobrazen na obr. 5.7.



Obr. 5.6 EN Regulus HS005 [20]



Obr. 5.7 Pojistný ventil Regulus [20]

5.5 Dimenzování primárního okruhu

Aby mohlo tepelné čerpadlo správně fungovat, je třeba také správně navrhnout jeho primární okruh. Přesný návrh a následnou realizaci provede odborná firma. Součástí této práce je pouze orientační návrh velikosti primárního okruhu.

Vzhledem k tomu, že je u RD k dispozici dostatečně velký pozemek a v lokalitě ještě nebyl prováděn vrt pro jiné TČ, byl jako primární okruh zvoleného tepelného čerpadla vybrán plošný zemní kolektor ve tvaru meandru. Plošný zemní kolektor bude realizován z potrubí GERO-therm PE-TR-RC FAST s průměrem 40 mm, které bude uloženo přibližně 1,5 m pod povrchem země.

Aby bylo možné určit délku potrubí, potažmo plochu pozemku, na které bude plošný zemní kolektor realizován, bylo třeba určit roční potřebu tepla na vytápění, a také pro ohřev teplé vody.

5.5.1 Roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody

Při výpočtu roční potřeby tepla pro ohřev vody se vychází z následující rovnice

$$Q_{ro} = (1 + z_{zt}) \cdot \frac{V_{2p} \cdot \rho_{H2O} \cdot c_{H2O} \cdot (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000} \cdot d_r \quad [kWh/r] \quad (5.32)$$

kde:

z_{zt}	$[-]$	ztráty systému pro ohřev TV
V_{2p}	$[m^3]$	denní dávka teplé vody, na osobu počítáno 40 l
t_1, t_2	$[^\circ C]$	teplota vody na vstupu, na výstupu z ohříváče
d_r	$[d]$	počet dnů v roce

- Roční potřeba tepla pro ohřev vody

$$Q_{ro} = (1 + 0,2) \cdot \frac{0,16 \cdot 995,7 \cdot 4180 \cdot (50 - 10)}{3600 \cdot 1000} \cdot 365 = 3241 \text{ kWh/r}$$

5.5.2 Roční potřeba tepla na vytápění

Roční potřeba tepla na vytápění rodinného domu byla vypočtena denostupňovou metodou dle následující rovnice:

$$Q_{rv} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_R} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot d_{vo} \cdot (t_{is} - t_{es})}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [GJ/r] \quad (5.33)$$

kde:

ε	$[-]$	součinitel pro typ provozu, $\varepsilon = 0,67$ pro řízení systému ekvitermní regulací
η_o	$[-]$	účinnost obsluhy
η_R	$[-]$	účinnost rozvodů
Q_c	$[kW]$	tepelná ztráta domu

d_{vo}	[d]	počet dnů otopného období, $d_{vo} = 238$ dnů pro Chrudim [5]
t_{is}	[°C]	průměrná vnitřní výpočtová teplota
t_{es}	[°C]	průměrná venkovní teplota za otopné období $t_{es} = 4,1$ °C pro Chrudim [5]

- Roční potřeba tepla na vytápění

$$Q_{rv} = \frac{0,67}{1 \cdot 0,97} \cdot \frac{24 \cdot 6,01 \cdot 238 \cdot (20 - 4,1)}{(20 - (-12))} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 42,4 \frac{GJ}{r} = 11,8 \text{ MWh/rok}$$

5.5.3 Návrh plošného zemního kolektoru

Při návrhu plošného zemního kolektoru většina firem v ČR vychází z německé normy VDI 4640-1, která vychází z praxe, a je výsledkem mnoha výzkumů a měření. Jedním z nejdůležitějších údajů pro návrh kolektoru je tzv. extrakční kapacita půdy, kterou lze najít ve výše zmíněné německé normě, a liší se pro různé typy podloží. Navíc ještě závisí na době provozu TČ, kdy pro vytápění i ohřev teplé vody je extrakční kapacita udávána pro 2 400 prov. hodin ročně. Díky hydrogeologickému posudku, který byl zpracován při výstavbě ČOV pro sousední dům, který stojí na stejném pozemku, je znám typ půdy do hloubky 1,6 m. Z normy poté vychází extrakční kapacita půdy 16 – 24 W/m² pro provoz 2 400 hod. ročně [14].

Pro kontrolu bylo třeba vypočíst počet provozních hodin pro ohřev vody a vytápění, obecně dle rovnice (5.34).

$$T_r = \frac{Q_r}{P_n} \quad [\text{prov. hod./r}] \quad (5.34)$$

kde:

Q_r	[kW]	potřeba tepla
P_n	[kW]	výkon TČ pro dané parametry

- Výpočet počtu provozních hodin pro:

a) Ohřev TV

$$T_{ro} = \frac{Q_{ro}}{P_{no}} = \frac{3241}{5,15} = 629 \text{ prov. hod./r}$$

b) Vytápění

$$T_{rv} = \frac{Q_{rv}}{P_{nv}} = \frac{11800}{6,48} = 1821 \text{ prov. hod./r}$$

Celkový počet provozních hodin příliš nepřesahuje stanovenou hodnotu 2 400. Dále bylo tedy počítáno s extrakční kapacitou půdy 20 W/m².

Dále bylo třeba vypočítat okamžitý extrakční výkon ze země v režimu topení a v režimu ohřevu TV.

$$Q_e = P_n - P_{\check{r}} \quad [kW] \quad (5.35)$$

kde:

$P_{\check{r}}$ $[kW]$ příkon TČ

- Výpočet okamžitého extrakčního výkonu:

a) Ohřev TV

$$Q_{eo} = 5,15 - 1,53 = 3,62 \text{ kW}$$

b) Vytápění

$$Q_{ev} = 6,48 - 1,31 = 5,17 \text{ kW}$$

Větší okamžitý extrakční výkon vychází pro režim vytápění, a dále tedy bylo počítáno s touto hodnotou.

- Výpočet celkové pokládkové plochy

$$S_{PZK} = \frac{Q_{ev}}{Q_s} = \frac{5170}{20} = 260 \text{ m}^2 \quad (5.36)$$

kde:

Q_s $[W/m^2]$ extrakční kapacita půdy

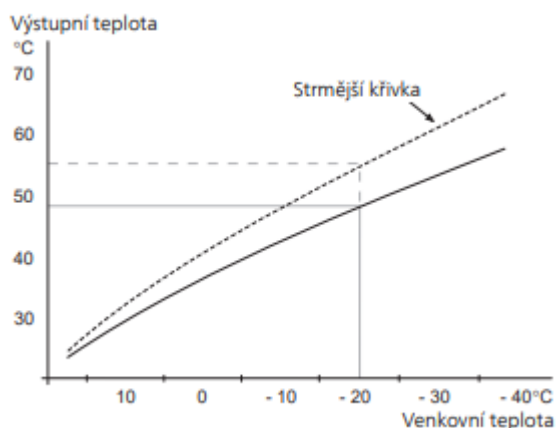
Výpočtem vyšla celková plocha plošného zemního kolektoru přibližně 260 m². Dále bylo třeba vypočítat potřebnou délku potrubí. Obecně se doporučuje volit rozteč potrubí 1 m a délku jedné smyčky do 100 m. Plošný zemní kolektor byl tedy orientačně navržen jako 3 paralelně zapojené smyčky, kdy délka jedné činí 100 m. Výsledná plocha kolektoru je tedy přibližně 300 m². Celková plocha pozemku činí přibližně 900 m², z čehož bude 120 m² zastavěno, a pozemek tedy disponuje dostatečným prostorem pro instalaci plošného zemního kolektoru.

5.6 Regulace systému vytápění

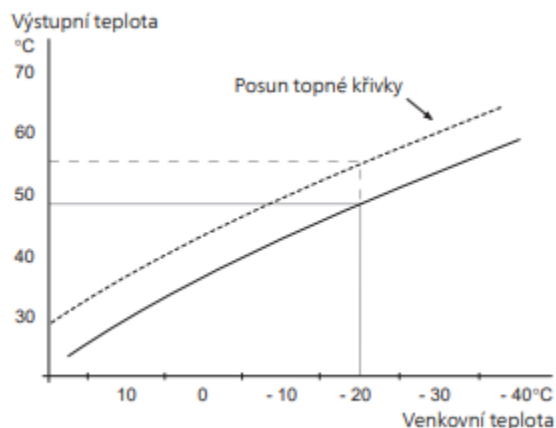
Otopná soustava bude regulována pomocí ekvitermní regulace. Tento způsob regulace je založen na změně teploty otopné vody na výstupu ze zdroje v závislosti na požadované teplotě v místnosti a venkovní teplotě. Teplota vody na výstupu ze zdroje je určována pomocí ekvitermních (topných křivek), které jsou nastaveny v paměti tepelného čerpadla. Pro měření venkovní teploty bude na severozápadní fasádě domu umístěno čidlo venkovní teploty.

Nastavování topné křivky se provádí při instalaci přímo na tepelném čerpadle v nabídce upřesnit → topná křivka. Je možné, že po instalaci bude nutné topnou křivku dále upravit. Pokud je venku chladno a pokojová teplota je nízká, je třeba zvýšit strmost křivky. Pokud je venku chladno a pokojová teplota je vysoká, je třeba strmost snížit. Změna strmosti křivky je znázorněna na obr. 5.9. Pokud je třeba jemné nastavování pokojové teploty, posouvá se topná křivka nahoru nebo dolů, což znázorňuje obr. 5.8. Toto nastavení se provádí v nabídce teplota.

Pokud je venku teplo a pokojová teplota je nízká, posouvá se křivka nahoru a pokud je pokojová teplota vysoká, posouvá se křivka dolů [13]. Při vytápění podlahovým vytápěním s velkou setrvačností je vždy potřeba po změně nechat systém nejméně 24 hodin ustálit.



Obr. 5.9 Změna strmosti topné křivky [21]



Obr. 5.8 Posun topné křivky [21]

Nastavení otopné soustavy je možné na displeji TČ v nabídce vytápění, a také vzdáleně pomocí aplikace myUplink. Pokud chce uživatel provádět v aplikaci nastavení TČ, musí mít aktivovaný účet Premium. Aktivace Premium účtu stojí 700 Kč s DPH ročně.

5.7 Zhodnocení návrhu vytápění

Vytápění RD Doubrava bylo navrženo jako teplovodní podlahové s teplotním spádem 33/27 °C. Instalace potrubí podlahového vytápění bude provedena mokrým způsobem ve tvaru plošné spirály. Jako zdroj tepla bylo zvoleno elektrické invertorové tepelné čerpadlo země-voda NIBE S1255 s vestavěným zásobníkem na teplovou vodu o objemu 180 l. Výhodou instalace podlahového vytápění je potřeba poměrně nízké teploty otopné vody na výstupu ze zdroje, díky čemuž je SCOP pro vytápění 5,2. Jako primární okruh pro TČ byl zvolen plošný zemní kolektor, jelikož je na pozemku dostatek prostoru pro jeho instalaci a také z důvodu nižších pořizovacích nákladů oproti vrtům. Celkové pořizovací náklady systému činí přibližně 410 000 Kč s DPH, z čehož tepelné čerpadlo stojí 285 000 Kč s DPH¹⁴. Do nákladů byly započteny i nákladné položky primárního okruhu, jako je rozdělovač a sběrač, nemrznoucí kapalina a výkopové práce. Ostatní položky nejsou součástí, jelikož konečný návrh bude provádět odborná firma. Detailní rozpis pořizovacích nákladů tvoří příloha P8.

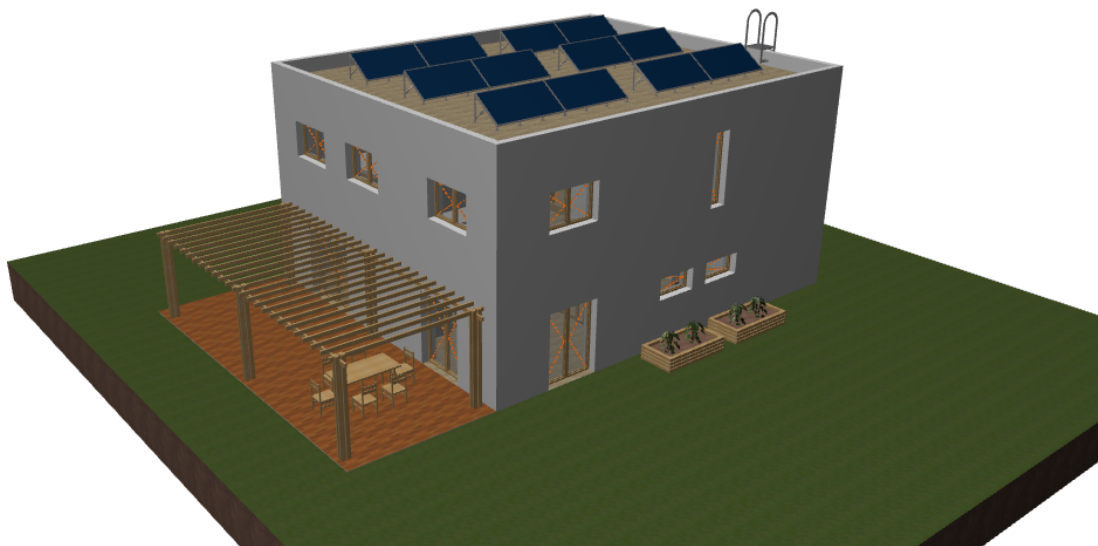
¹⁴ Součástí ceny je 300 m potrubí pro primární okruh

6 POSOUZENÍ MOŽNOSTÍ VYUŽITELNOSTI OZE

Za obnovitelný zdroj energie (OZE) lze považovat energii větru, vody, slunce a také biomasu. Z hlediska možnosti využití OZE v návrhu vytápění a větrání pro rodinný dům Doubrava lze konstatovat, že využití energie vody a větru není příliš vhodné. Jelikož bylo pro vytápění navrženo elektrické tepelné čerpadlo země-voda s vestavěným elektrokotlem, nenajde zde své uplatnění ani biomasa. Vhodné využití OZE však nabízí energie sluneční. Zde je možné se zamyslet nad využitím solárních kolektorů pro ohřev vody a fotovoltaických panelů pro výrobu elektrické energie. Instalované tepelné čerpadlo je invertorového typu, disponuje vestavěným zásobníkem na teplou vodu a v systému není zařazena akumulární nádrž. Při instalaci solárních kolektorů by však bylo nutné systém o tuto nádobu doplnit a celý návrh by se tak prodražil. Zároveň by bylo nejvíce energie získáváno během letních měsíců a tuto energii by bylo možné využít pouze pro ohřev teplé vody pro využití v domácnosti, nikoliv pro vytápění. Naopak v zimě, kdy je potřeba teplé vody i pro vytápění, by byl zisk ze solárních kolektorů nejmenší.

Nejvhodnější variantou využití OZE se tedy jeví instalace fotovoltaických panelů. V této práci je vytvořen pouze orientační návrh fotovoltaiky. Podrobný návrh a instalaci bude následně provádět odborná firma.

Rodinný dům Doubrava má plochou střechu, která umožňuje poměrně snadnou instalaci fotovoltaických panelů s různým sklonem a orientací ke světovým stranám. Jednu z možných konfigurací znázorňuje obr. 6.1. Na kovové konstrukci se sklonem 35° a s orientací na JV je umístěno celkem 12 FV panelů AEG AS-M1443-H-450. Celkový špičkový výkon této instalace by činil 5,4 kWp [15]. Systém by přebytečnou elektřinu, která by nebyla využita elektrickými spotřebiči instalovanými v domě, ukládal do lithiových baterií od firmy Risen Home ESS HV3700 s kapacitou 11,1 kWh a využitelnou kapacitou 9,43 kWh. Celková cena tohoto FV systému by činila přibližně 350 000 Kč. Díky programu Nová zelená úsporám by bylo možné na tento systém získat dotaci přibližně 150 000 Kč [15].



Obr. 6.1 Vizualizace FV systému

Důležité je při návrhu technického zařízení budovy a především zdroje tepla pro otopnou soustavu uvažovat také spotřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů, která hraje důležitou roli při hodnocení energetické náročnosti budov. Za primární energii je možné označit energii, která neprošla žádným procesem přeměny, tedy vyskytuje se v takové formě, v jaké se vyskytuje běžně v přírodě. Primární energii lze dále rozdělit na obnovitelnou (sluneční záření, vítr, vodní energie a biomasa) a neobnovitelnou (uhlí, ropa, zemní plyn a jaderná energie) [16]. V dnešní době je velká snaha o snížení spotřeby primární energie z neobnovitelných zdrojů.

Pokud uvažujeme, že na pokrytí celkové potřeby tepla pro vytápění RD Doubrava je třeba 42,4 GJ tepla a sezónní topný faktor zvoleného tepelného čerpadla pro ohřev vody pro vytápění na 35 °C je 5,2, pak je pro vytápění celková potřeba elektrické energie $42,4/5,2 = 8,2 \text{ GJ}$ [17]. Pro převedení na potřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů se použije tzv. faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů F , který je dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. pro elektřinu 2,6 [18]. Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů je tedy $8,2 \cdot 2,6 = 21,3 \text{ GJ}$, což činí přibližně polovinu energie z celkové potřeby tepla pro vytápění. Pokud by ale bylo využito například tepelné čerpadlo vzduch-voda, byla by potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů energie větší, jelikož SCOP tohoto typu TČ je nižší, než u typu země-voda. Stejně by tomu bylo i při výpočtu pro ohřev teplé vody, kdy je nutné ohřívat vodu na 50 až 55 °C a pro tyto podmínky je SCOP zvoleného tepelného čerpadla pouze 4. Pokud by bylo instalováno elektrické tepelné čerpadlo s odběrem elektřiny z veřejné sítě s SCOP menším, než je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro elektřinu, tedy 2,6, byla by tato instalace z pohledu ekologie nevyhovující. Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů se dále snižuje využitím elektrické energie právě například z vlastní fotovoltaické elektrárny.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout vytápění a nucené větrání pro projekt rodinného domu Doubrava a také posoudit možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.

V práci byl nejprve navržen centrální systém nuceného rovnotlakého větrání se ZZT a zpětným ziskem vlhkosti, složený z komponent od výrobce Zehnder. Základem tohoto systému je centrální vzduchotechnická jednotka, umístěna v technické místnosti domu, rozvaděč potrubí s tlumičem hluku, vzduchotechnická potrubí a přívodní a odvodní talířové ventily. Potrubí bude z rozvaděčů v technické místnosti vedeno paprskovitě, což zabrání přeslechům mezi jednotlivými místnostmi. Vzduch bude přiváděn do všech obytných místností domu a odváděn z koupelen, WC, kuchyně a technické místnosti. Celkový jmenovitý průtok činí $315 \text{ m}^3/\text{h}$ a v případě potřeby je větrací jednotka schopna zajistit výměnu vzduchu větší než 1 h^{-1} v celém domě, jehož vnitřní objem činí přibližně 500 m^3 .

Součástí práce je dále výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností, který byl proveden dle normy ČSN EN 12831-1. Vypočtená tepelná ztráta domu je necelých 6 kW, z čehož tepelná ztráta prostupem činí přibližně 2,6 kW a tepelná ztráta větráním přibližně 3,3 kW.

Na základě výpočtu tepelné ztráty byla dále navržena otopná soustava pro zvolený RD. Do všech místností, které mají být vytápěny, bylo navrženo teplovodní podlahové vytápění s teplotním spádem $33/27 \text{ }^\circ\text{C}$ a střední teplotou otopné vody $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Pro některé místnosti s větší podlahovou plochou bylo navrženo více smyček. V obou koupelnách bylo podlahové vytápění z důvodu nedostatečného výkonu doplněno elektrickými otopnými žebříky od výrobce Korado.

Jako zdroj tepla bylo zvoleno tepelné čerpadlo země-voda NIBE S1255 s maximálním výkonem 6 kW, jehož součástí je vestavěný elektrokotel s maximálním výkonem 6,5 kW, a také zásobník pro ohřev TV s objemem 180 l. V práci byl proveden orientační výpočet velikosti primárního okruhu TČ, aby se zjistilo, zda je možné jako primární okruh zvolit plošný zemní kolektor. Výpočtem vyšla velikost plošného zemního kolektoru přibližně 300 m^2 . Velikost pozemku je přibližně 900 m^2 , z čehož na zastavěnou plochu připadá 120 m^2 , tudíž zde zbývá dostatečná část na vybudování plošného zemního kolektoru. Podrobnější návrh a instalaci primárního okruhu provede autorizovaná firma.

Přílohu této práce tvoří podrobný rozpis nákladů na pořízení větracího a vytápěcího systému bez nákladů na instalaci a většiny komponent primárního okruhu. Celková pořizovací cena systému větrání činí přibližně 307 000 Kč s DPH a pořizovací cena systému vytápění činí přibližně 410 000 Kč s DPH.

V poslední části práce bylo posouzeno možné využití obnovitelných zdrojů energie, kdy byla jako nejvhodnější varianta zvolena instalace fotovoltaických panelů pro výrobu elektřiny. Byla zde navržena možná konfigurace tohoto systému s fotovoltaickými panely na střeše RD s dočasným ukládáním do baterií. Podrobný návrh bude proveden odbornou firmou. Systém ukládání energie do baterií je vhodný z hlediska pokrytí alespoň částečné spotřeby domu při výpadku elektrické energie.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Praha: EkoWATT, 2009, 71 s. : il., mapy. ISBN 978-80-87333-02-0.
- [2] *Abeceda tepelných čerpadel* [online]. Praha: GT Energy s.r.o, 2021 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://www.abeceda-cerpadel.cz/>
- [3] ING. VLADIMÍR ZMRHAL, PH.D. a ING. JIŘÍ PETLACH. Systémy větrání obytných budov. *TZB - info* [online]. 2001 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- [4] ING. VLADIMÍR ZMRHAL, PH.D. Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1. *TZB - info* [online]. 2001 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [5] *ČSN EN 12831-1: Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3*. Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- [6] WIENERBERGER. Porotherm 44T Profi. *Wienerberger* [online]. 2020 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/produkty/zdivo/cihly-porotherm/porotherm-44-t-profi.html>
- [7] *Vekra* [online]. 2015 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/>
- [8] Fyzikální veličiny vybraných stavebních konstrukcí. *TZB-Info* [online]. Topinfo s.r.o., 2001 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>
- [9] *Nariadení vlády č. 272/2011 Sb.: Nariadení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. In: . 2011, číslo 272.
- [10] DOC. ING. JIŘÍ BAŠTA PH.D. *Podlahové vytápění 3* [online]. [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3449-podlahove-vytapani-iii>
- [11] BAŠTA, Jiří. *Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě*. Praha: GAS, 2001. ISBN 80-86176-83-5.
- [12] Kinematická a dynamická viskozita vody. *E-konstruktor* [online]. 2017 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/kinematicka-a-dynamicka-viskozita-vody>
- [13] *NIBE S1255* [online]. In: . 2021 [cit. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.nibe.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda/tepelne-cerpadlo-s1255>
- [14] KALETA, Ján a Aleš KISZA. Základní zásady pro návrh plošného zemního kolektoru pro tepelné čerpadlo země-voda. *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/10178-zakladni-zasady-navrhu-plosneho-zemniho-kolektoru-pro-tepelne-cerpadlo-zeme-voda>

- [15] Fotovoltaika S-Power. *S-Power* [online]. 2021 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://www.s-power.cz/fotovoltaicka-elektrarna-s-power-midi>
- [16] NOVOTNÝ, Jiří a Tomáš MATUŠKA. Neobnovitelná primární energie. In: *TZB info* [online]. 2001 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/16491-neobnovitelna-primarni-energie>
- [17] LYČKA, Zdeněk. Je tepelné čerpadlo vzduch/voda ekologické?. *Z+i* [online]. 2020, 14(01) [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <http://zpravy.ckait.cz/vydani/2020-01/jak-moc-vyuziva-tepelne-cerpadlo-vzduch-voda-obnovitelnou-energii/>
- [18] *Vyhláška č. 264/2020 Sb. - Vyhláška o energetické náročnosti budov*. In: . 2020.
- [19] Katalog rekuperace Zehnder. *Zehnder* [online]. [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.zehnder.cz/rekuperace/katalog>
- [20] Expanzní nádoby Regulus. *Regulus* [online]. 2015 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/tlakove-expanzni-nadoby>
- [21] Tepelné čerpadlo NIBE F1245. *NIBE* [online]. Benátky nad Jizerou: Družstevní závody Dražice-Strojírna s.r.o - Tepelná čerpadla NIBE, 2012 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.nibe.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda/tepelne-cerpadlo-nibe-f1245>
- [22] *Rehau* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/cz-cs>
- [23] *Revel* [online]. 2021 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://www.revel-pex.com/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Stavební půdorys 1. NP.....	16
Obr. 2.2 Stavební půdorys 2. NP.....	17
Obr. 3.1 Centrální větrací jednotka [19].....	21
Obr. 3.2 ComfoValve Luna vlevo E125, vpravo S125 [19].....	22
Obr. 3.3 Vlevo TVA-P 90, vpravo ComfoSet 90 [19]	22
Obr. 3.4 Vlevo ComfoTube 90, vpravo ComfoPipe 200 [19]	23
Obr. 3.5 VZT 1. NP	24
Obr. 3.6 VZT 2. NP	25
Obr. 3.7 Nastavení ventilu Luna E125	26
Obr. 3.8 Nastavení ventilu Luna S125	27
Obr. 5.1 PV - plošná spirála [22]	43
Obr. 5.2 Rozdělovač Herz 863x [23].....	43
Obr. 5.3 TČ NIBE S1255 [13].....	54
Obr. 5.4 Charakteristika vestavěného OČ [13].....	55
Obr. 5.5 Schéma zapojení zabezpečovacích zařízení [21]	55
Obr. 5.6 EN Regulus HS005 [20]	57
Obr. 5.7 Pojistný ventil Regulus [20].....	57
Obr. 5.8 Posun topné křivky [21]	61
Obr. 5.9 Změna strmosti topné křivky [21]	61
Obr. 6.1 Vizualizace FV systému.....	62

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Požadavky na množství větracího vzduchu [4].....	15
Tab. 2.1 Přehled místností 1. NP.....	17
Tab. 2.2 Přehled místností 2. NP.....	18
Tab. 2.3 Složení vnějšího zdiva [6].....	18
Tab. 2.4 Parametry jednotlivých typů konstrukce.....	19
Tab. 2.5 Návrh množství větracího vzduchu	20
Tab. 3.1 Koncept větrání.....	23
Tab. 3.2 Tlakové ztráty přívodu.....	25
Tab. 3.3 Tlakové ztráty odvodu	26
Tab. 3.4 Tlakové ztráty a zaregulování přívodu	27
Tab. 3.5 Tlakové ztráty a zaregulování odvodu.....	28
Tab. 4.1 Pomocné hodnoty pro výpočet $U_{equiv,k}$ pro podlahu.....	32
Tab. 4.2 Možné případy pro θ_x	33
Tab. 4.3 Parametry pro výpočet měrného TT prostupem do nebo přes sousední prostory	34
Tab. 4.4 Celkové tepelné ztráty.....	42
Tab. 5.1 Maximální povrchové teploty podlahy [10].....	44
Tab. 5.2 Návrh podlahového vytápění pro 1. NP.....	49
Tab. 5.3 Návrh podlahového vytápění pro 2. NP.....	49
Tab. 5.4 Tlakové ztráty rozdělovače A.....	53
Tab. 5.5 Tlakové ztráty rozdělovače B.....	53
Tab. 5.6 Tlakové ztráty od zdroje k rozdělovači a celkové tlakové ztráty OS	54

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Význam
α_p	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla povrchu podlahy
α_{sp}	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla podlahy sáláním
α_{kp}	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla podlahy konvekcí
α_v	$[-]$	výtokový součinitel
α'_p	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla na spodní straně stropu
$\Delta p_{ATD,design,z}$	$[Pa]$	návrhový rozdíl tlaků koncových vzduchotechnických zařízení ve větrací zóně
Δp_z	$[Pa]$	tlaková ztráta
Δp_{zm}	$[Pa]$	místní tlakové ztráty
Δp_{zl}	$[Pa]$	délkové tlakové ztráty
Δt	$[K]$	teplotní spád
ΔU_{TB}	$[W/(m^2 \cdot K)]$	přirážka na vliv tepelných vazeb
ε	$[-]$	součinitel pro typ provozu vytápění
ξ_{90}	$[-]$	součinitel místní ztráty pro ohyb 90°
η_o	$[-]$	účinnost obsluhy
η_R	$[-]$	účinnost rozvodů
$\eta_{rec,z}$	$[-]$	účinnost ZZT větracího systému příslušejícího zóně, za venkovních návrhových podmínek
θ_{ae}	$[^\circ C]$	teplota sousedního nevytápěného prostoru
θ_e	$[^\circ C]$	venkovní výpočtová teplota
$\theta_{e,m}$	$[^\circ C]$	teplota zeminy
$\theta_{e,o}$	$[^\circ C]$	teplota venkovního předeřátého vzduchu po průchodu předeřívacím registrem
$\theta_{exh,z}$	$[^\circ C]$	teplota objemového průtoku vzduchu odváděného ze zóny
$\theta_{int,a}$	$[^\circ C]$	teplota sousedního vytápěného prostoru v rámci stejné funkční části budovy
$\theta_{int,i}$	$[^\circ C]$	vnitřní výpočtová teplota
$\theta_{int,k}^*$	$[^\circ C]$	průměrná vnitřní povrchová teplota stavební části
$\theta_{rec,z}$	$[^\circ C]$	teplota objem. průtoku vzduchu přiváděného do zóny po tom, co projde ZZT, a pokud je instalován, pasivním předeřevem
$\theta_{transfer,ij}$	$[^\circ C]$	teplota $q_{v,transfer,ij}$
θ_x	$[^\circ C]$	teplota sousedního prostoru nebo prostředí

Λ_a	$[W/(m^2K)]$	tepelná propustnost vrstev nad osou trubek
Λ_b	$[W/(m^2K)]$	tepelná propustnost vrstev pod osou trubek
λ	$[-]$	součinitel ztráty třením
λ_a	$[W/(m \cdot K)]$	součinitel tepelné vodivosti jednotlivých vrstev nad osou trubek
λ_d	$[W/(m \cdot K)]$	součinitel tepelné vodivosti materiálu, do kterého jsou zality trubky
λ_i	$[mK/W]$	součinitel tepelné vodivosti i -té části konstrukce
ρ	$[kg/m^3]$	hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě
ρ_{H_2O}	$[kg/m^3]$	hustota otopné vody
$\rho_{t,max}$	$[kg/m^3]$	hustota vody při maximální teplotě vody v soustavě
ν	$[m^2/s]$	kinematická viskozita
$\Phi_{gain,i}$	$[W]$	trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru
$\Phi_{HL,i}$	$[W]$	návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru
$\Phi_{hu,i}$	$[W]$	volitelný dodatečný zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru
$\Phi_{T,i}$	$[W]$	návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru
$\Phi_{V,i}$	$[W]$	návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru
A, B	$[m]$	rozměry místnosti
$A_{bottom,build/(z)}$	$[m^2]$	plocha podlahy budovy/(větrací zóny, místnosti)
$A_{env,build}$	$[m^2]$	obálka budovy
$A_{env,build/(z,i)}$	$[m^2]$	obálka budovy, (zóny, místnosti)
$A_{env,i}$	$[m^2]$	obálka místnosti
$A_{env,z}$	$[m^2]$	obálka větrací zóny
$A_{fac,build/(z,i)}$	$[m^2]$	plocha povrchu obálky budovy/(větrací zóny, místnosti)
A_G	$[m^2]$	plocha podlahové desky
A_k	$[m^2]$	plocha stavební části k
$A_{roof,build/(z,i)}$	$[m^2]$	plocha střechy/stropu budovy/(větrací zóny, místnosti)
a	$[m]$	tepelná propustnost vrstev nad trubkami
$a_{ATD,z}$	$[-]$	autorita koncových vzduchotechnických zařízení, která jsou instalována v zóně
B'	$[m]$	geometrický parametr podlahové desky
b	$[m]$	tloušťka jednotlivých vrstev pod trubkami
c_{H_2O}	$[J/(kg \cdot K)]$	měrná tepelná kapacita vody

c_p	$[Wh/(kg \cdot K)]$	měrná tepelná kapacita vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě
d_i	$[m]$	tloušťka i -té části konstrukce
d_{PV}	$[m]$	vnější průměr trubek podlahového vytápění
$d_{PV,i}$	$[m]$	vnitřní průměr potrubí podlahového vytápění
d_r	$[d]$	počet dnů v roce
d_v	$[mm]$	minimální vnitřní průměr pojistného potrubí
d_{vo}	$[d]$	počet dnů otopného období
f_1	$[-]$	opravný činitel zohledňující rozdíl mezi teplotou sousedního prostředí nebo prostoru (x) a venkovní výpočtovou teplotou
f_2	$[-]$	opravný činitel zohledňující rozdíl mezi vnitřní výpočtovou teplotou prostoru (i) a průměrnou povrchovou teplotou stavební části k
$f_{\theta ann}$	$[-]$	opravný činitel zohledňující vliv změny venkovní teploty v průběhu roku
$f_{dir,z}$	$[-]$	činitel orientace zóny
$f_{e,z}$	$[-]$	opravný činitel zohledňující rozdíl tlaků způsobený nerovnotlakým větráním
$f_{GW,k}$	$[-]$	opravný činitel zohledňující vliv spodní vody
$f_{ia(...),k}$	$[-]$	teplotní opravný činitel
$f_{ie,k}$	$[-]$	teplotní opravný činitel
$f_{ig,k}$	$[-]$	teplotní opravný činitel
$f_{ix,k}$	$[-]$	teplotní opravný činitel pro výpočet teplotně korigovaných měrných tepelných toků
f_{i-z}	$[-]$	poměr mezi minimálními objemovými průtoky vzduchu jednotlivých místností, které jsou součástí uvažované zóny a výsledným objemovým průtokem vzduchu zóny
$f_{qv,z}$	$[-]$	činitel objemového průtoky
$f_{U,k}$	$[-]$	opravný činitel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovení příslušných U -hodnot
$H_{T,ia}$	$[W/K]$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedních vytápěných prostor
$H_{T,iaBE}$	$[W/K]$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedních funkčních částí budovy
$H_{T,iae}$	$[W/K]$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes nevytápěné prostory a přilehlé budovy

$H_{T,ie}$	$[W/K]$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru přímo do venkovního prostředí
$H_{T,ig}$	$[W/K]$	měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do zeminy
h	$[m]$	výška mezi expanzní nádobou a nejvyšším bodem otopné soustavy
k	$[m]$	drsnost potrubí
L_P	$[m]$	délka přípojky PV
L_{PV}	$[m]$	délka smyčky
l	$[m]$	rozteč trubek
m	$[m^{-1}]$	charakteristické číslo podlahy
\dot{m}	$[kg/h]$	hmotnostní tok
n	$[-]$	počet potrubí ve smyčce
n_{50}	$[h^{-1}]$	intenzita větrání při rozdílu tlaků 50 Pa
$n_{min,i}$	$[h^{-1}]$	minimální intenzita větrání místnosti
n_z	$[-]$	součinitel zvětšení objemu kapaliny
O_P	$[m]$	obvod otopné plochy vymezené okrajovými trubkami
P	$[m]$	nechráněný obvod podlahové desky
P_n	$[kW]$	výkon TČ pro dané parametry
$P_{\dot{r}}$	$[kW]$	příkon TČ
$p_{d,dovA}$	$[Pa]$	nejnižší dovolený přetlak
$p_{h,dovA}$	$[Pa]$	nejvyšší dovolený přetlak
p_{ot}	$[kPa]$	otevírací přetlak
Q_c	$[kW]$	tepelná ztráta domu
Q_e	$[kW]$	okamžitý extrakční výkon ze země
Q_r	$[kW]$	potřeba tepla
Q_{ro}	$[kWh/r]$	roční potřeba tepla pro ohřev vody
Q_{rv}	$[GJ/r]$	roční potřeba tepla na vytápění
Q_s	$[W/m^2]$	extrakční kapacita půdy
$q_{env,50}$	$[m^3/(m^2 \cdot h)]$	měrná průvzdušnost obálky při rozdílu tlaků 50 Pa
$q_{v,ATD,50,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními při rozdílu tlaků 50 Pa
$q_{v,ATD,design,i}$	$[m^3/h]$	návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do místnosti

$q_{v,ATD,design,z}$	$[m^3/h]$	návrhový objemový průtok vzduchu koncovými vzduchotechnickými zařízeními do zóny
$q_{v,ATD,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny koncovými vzduchotechnickými zařízeními
$q_{v,comb,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok spalovacího (nebo jakéhokoliv jiného technicky požadovaného) vzduchu odváděný z vytápěné místnosti
$q_{v,comb,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok spalovacího (nebo jakéhokoliv jiného technicky požadovaného) vzduchu přiváděný do zóny
$q_{v,env,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti obálkou budovy
$q_{v,env,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny obálkou budovy
$q_{v,exh,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu odváděný z místnosti
$q_{v,exh,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu odváděný ze zóny
$q_{v,inf-add,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu dodatečnou infiltrací přiváděný do větrací zóny
$q_{v,leak+ATD,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti netěsnostmi a koncovými vzduchotechnickými zařízeními
$q_{v,leak,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do větrací zóny netěsnostmi
$q_{v,min,i}$	$[m^3/h]$	minimální objemový průtok vzduchu místností
$q_{v,open,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok venkovního vzduchu přiváděný do místnosti velkými otvory
$q_{v,sup,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti
$q_{v,sup,z}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu přiváděný do zóny
$q_{v,techn,i}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu přiváděný do místnosti pro technické systémy
$q_{v,transfer,ij}$	$[m^3/h]$	objemový průtok vzduchu přestupující do místnosti ze sousední místnosti
\dot{Q}_0	$[W]$	tepelný výkon dodaný okrajovou plochou
\dot{Q}_C	$[W]$	skutečný celkový výkon otopné podlahové plochy
\dot{Q}_{CM}	$[W]$	celkový výkon otopné podlahové plochy dodávaný do místnosti
$\dot{Q}_{C,skut.}$	$[W]$	celkový výkon podlahového vytápění do místnosti s uvažováním nábytku
\dot{Q}_{PC}	$[W]$	celkový tepelný příkon otopné plochy
$\dot{Q}_{PC,skut.}$	$[W]$	skutečný tepelný výkon podlahové plochy

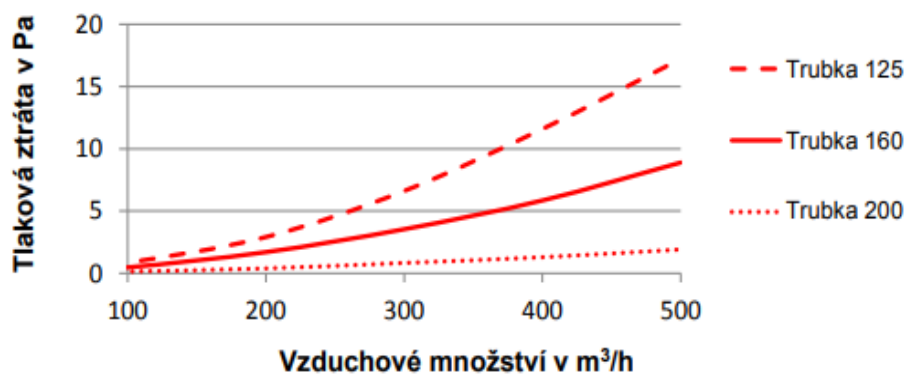
\dot{Q}_p	[kW]	pojistný výkon
\dot{q}	[W/m ²]	tepelný tok PV směrem nahoru
\dot{q}'	[W/m ²]	tepelný tok PV směrem dolů
\dot{q}_n	[W/m ²]	měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem
R	[m ² K/W]	odpor při přestupu tepla
R_z	[Pa/m]	měrná tlaková ztráta
R_{za}	[m]	poloměr zaoblení potrubí
r	[m]	šířka okraje otopné plochy
S_0	[m ²]	minimální průřez sedla pojistného ventilu pro vodu
S_p	[m ²]	velikost otopné plochy
S_{PZK}	[m ²]	velikost celkové pokládkové plochy plošného kolektoru
S_n	[m ²]	plocha zakrytá nábytkem
T_r	[prov.hod./r]	počet provozních hodin pro ohřev vody a vytápění
t_1, t_2	[°C]	teplota vody na vstupu, na výstupu z ohřívače
t_i	[°C]	vnitřní výpočtová teplota
t_{is}	[°C]	průměrná vnitřní výpočtová teplota
t_{es}	[°C]	průměrná venkovní teplota za otopné období
t_m	[°C]	střední teplota otopné vody
t_p	[°C]	střední povrchová teplota podlahy
t'_i	[°C]	teplota v místnosti pod podlahou
$U_{equiv,k}$	[W/(m ² · K)]	ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební části v kontaktu se zemínou
U_k	[W/(m ² K)]	součinitel prostupu tepla konstrukce
V_{2p}	[m ³]	denní dávka teplé vody
V_{exp}	[l]	expanzní objem
V_i	[m ³]	vnitřní objem (objem vzduchu) místnosti
V_0	[l]	vodní objem soustavy
w	[m/s]	rychlost proudění kapaliny
V_{build}	[m ³]	vnitřní objem budovy (objem vzduchu)
$v_{leak,z}$	[–]	tlakový exponent netěsnosti
z	[m]	hloubka horní hrany podlahové desky pod úrovní zeminy
z_{zt}	[–]	ztráty systému pro ohřev TV

Zkratka	Význam
COP	Coefficient of Performance
FV	Fotovoltaika
OČ	Oběhové čerpadlo
OS	Otopná soustava
OZE	Obnovitelný zdroj energie
PV	Podlahové vytápění
RD	Rodinný dům
SCOP	Sesonal Coefficient of Performance
TČ	Tepelné čerpadlo
TV	Teplá voda
VZT	Vzduchotechnika
ZZT	Zpětné získávání tepla

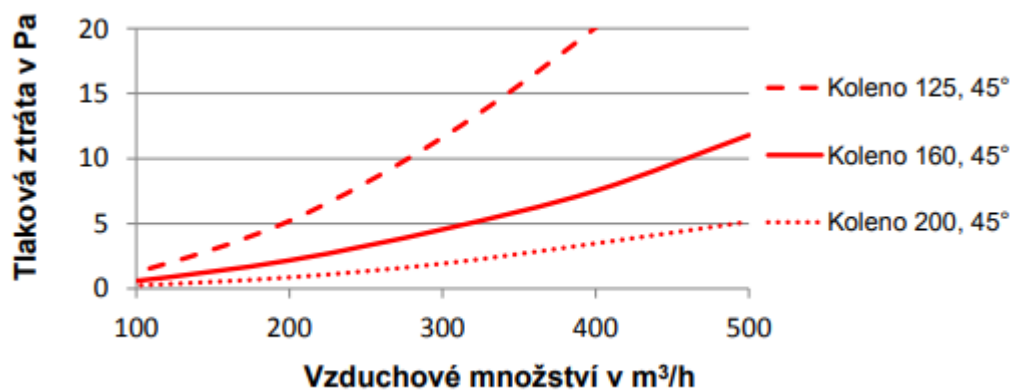
SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Grafy tlakových ztrát větráním
- P2 Normogram pro nastavení rozdělovače Herz
- P3 Normogram pro nastavení RŠ IMI
- P4 Tepelné ztráty
- P5 Výpočet výkonu PV
- P6 Hydraulický výpočet PV
- P7 Pořizovací náklady vzduchotechnika
- P8 Pořizovací náklady vytápění
- P9 Výkresová dokumentace
- P10 Excel - výpočty

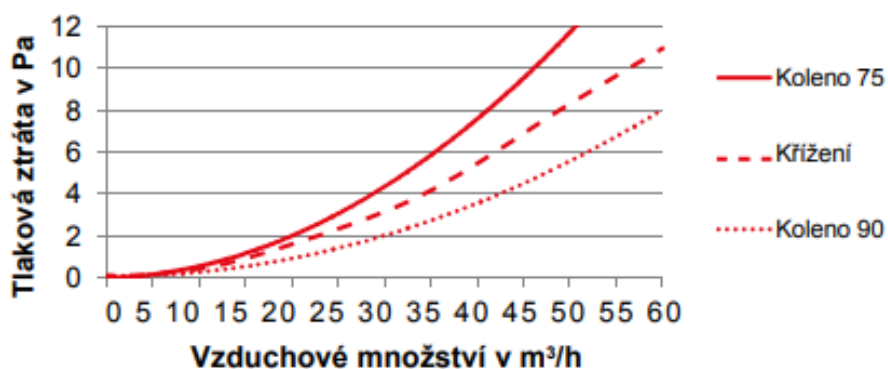
P1 GRAFY TLAKOVÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍ



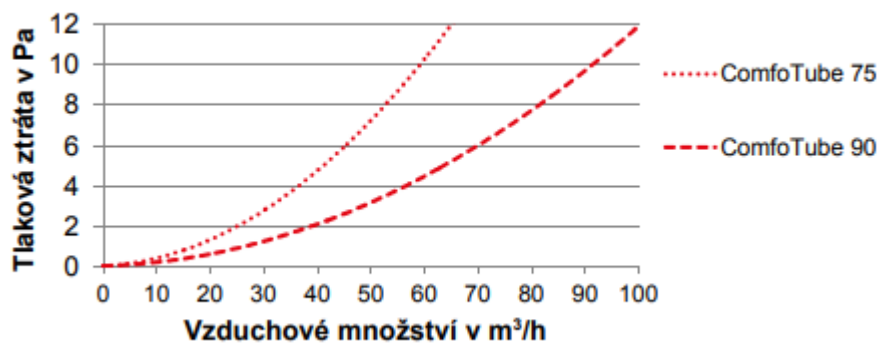
Obrázek 1 Tlakové ztráty potrubí ComfoPipe Compact pro 1 m potrubí



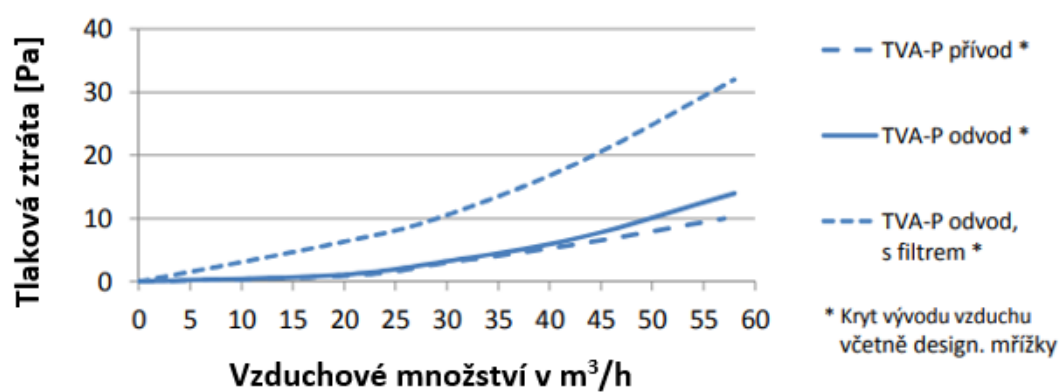
Obrázek 2 Tlakové ztráty koleno ComfoPipe Compact



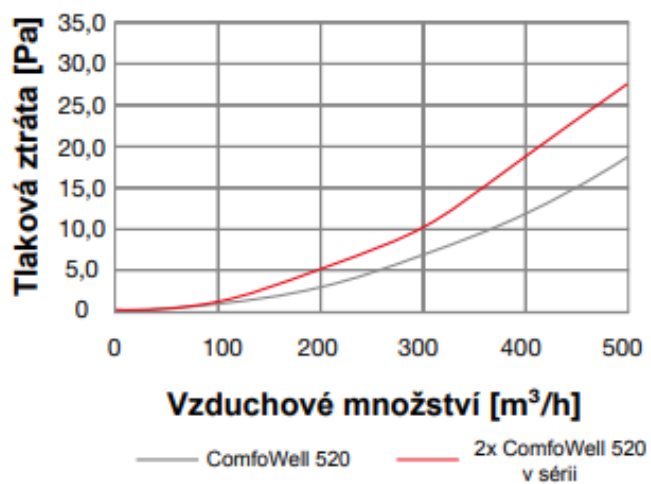
Obrázek 3 Tlakové ztráty koleno a křížení ComfoTube



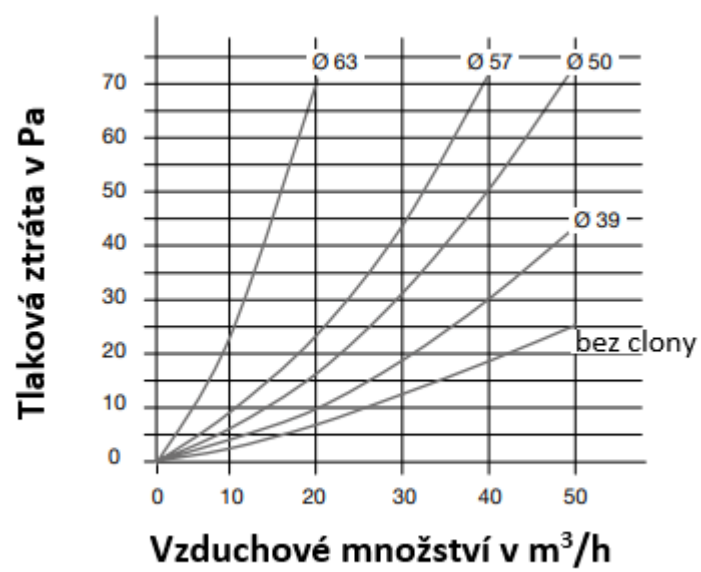
Obrázek 4 Tlakové ztráty potrubí ComfoTube pro 1 m potrubí



Obrázek 5 Tlakové ztráty krytů vývodu vzduchu

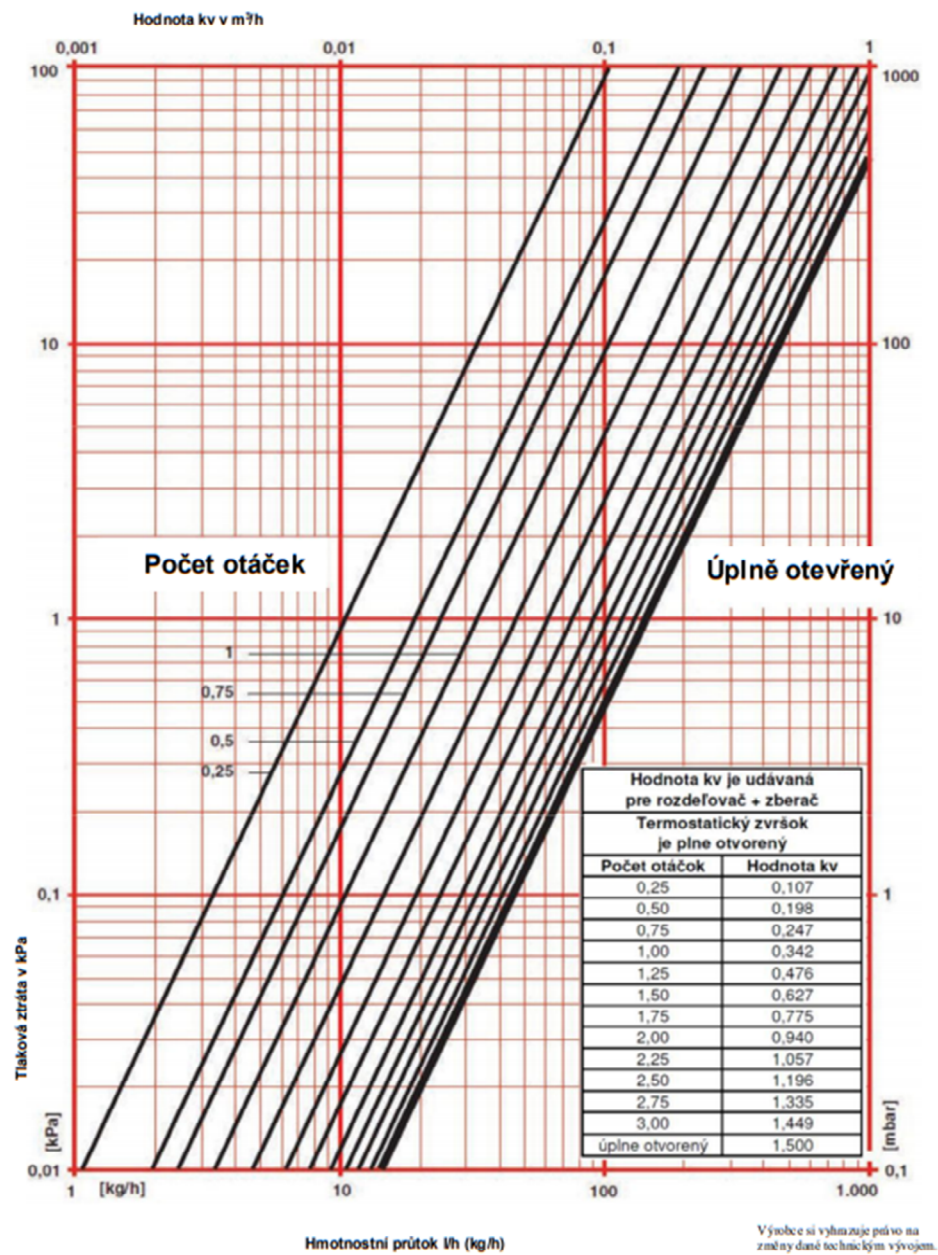


Obrázek 6 Tlakové ztráty ComfoWell 520

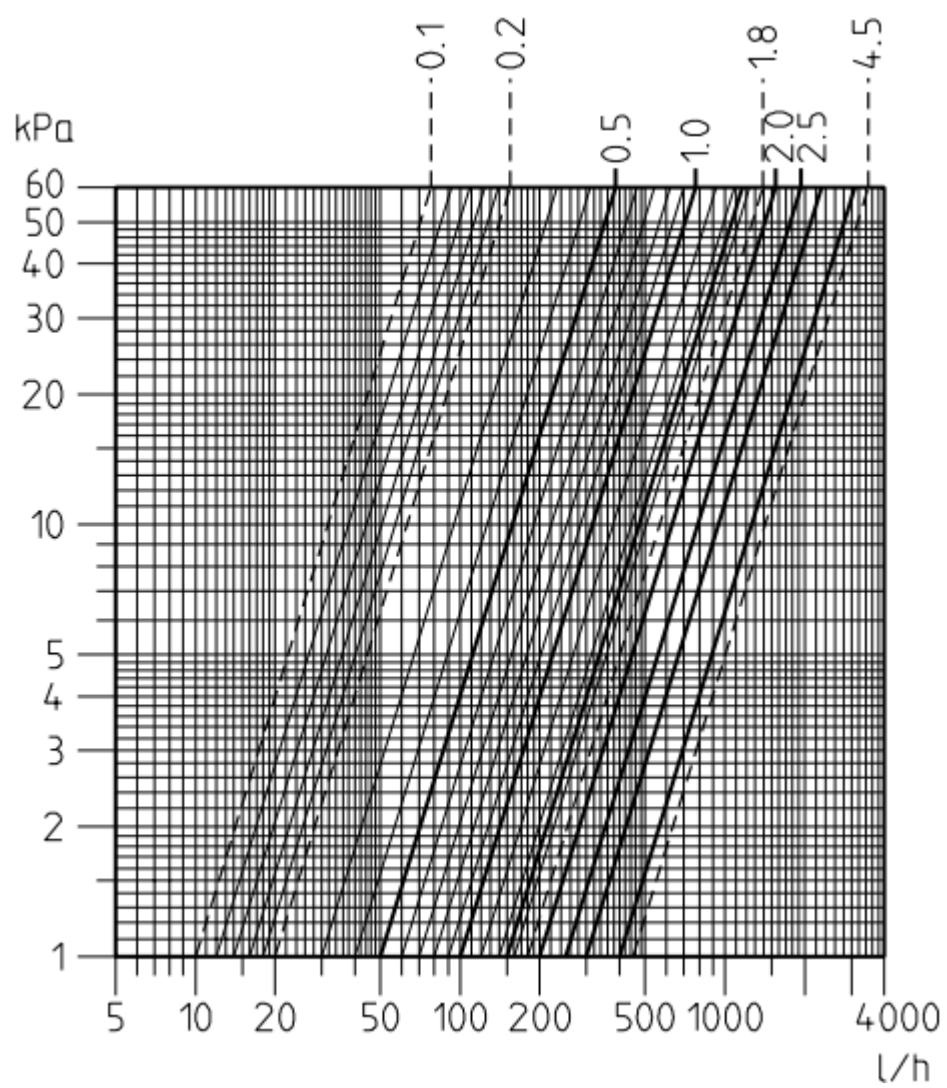


Obrázek 7 Tlakové ztráty škrticí vsuvky

P2 NORMOGRAM PRO NASTAVENÍ ROZDĚLOVAČE HERZ



P3 NORMOGRAM PRO NASTAVENÍ RŠ IMI



P4 TEPELNÉ ZTRÁTY

101									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	11,4	12	12	0,141	0,05	1	1	2,17	
Vstupní dveře	2,18	12	12	0,880	0,05	1	1	2,02	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]								4,19	
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Stěna TM	6,6	12	12	18	0,867	-0,25	-1,42		
Strop	6,2	12	12	20	0,683	-0,33	-1,40		
Stěna chodba	5,0	12	12	20	1,125	-0,33	-1,87		
Dveře chodba	1,8	12	12	20	2,0	-0,33	-1,18		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]								-5,87	
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Podlaha	6,15	12	12	4,1	1,45	0,169	0,329	1	0,50
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]								0,50	
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 12\text{ °C}$					$\theta_e = -12\text{ °C}$				
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						-28			
Tepelná ztráta větráním [W]						41			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						13			

102									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	14,5	20	20	0,141	0,05	1	1	2,76	
Okno	0,6	20	20	0,7	0,05	1	1	0,45	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]									3,21
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Stěna zádveří	5,0	20	20	12	1,125	0,25	1,40		
Dveře zádveří	1,8	20	20	12	2,0	0,25	0,89		
Stěna TM	3,9	20	20	18	1,125	0,06	0,27		
Dveře TM	1,8	20	20	18	2,0	0,06	0,22		
Stěna koup.	4,8	20	20	24	1,125	-0,13	-0,67		
Dveře koup.	1,6	20	20	24	2,0	-0,13	-0,40		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]									1,71
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Podlaha	14,9	20	20	4,1	1,45	0,169	0,497	1	1,81
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]									1,81
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 20\text{ °C}$				$\theta_e = -12\text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						215			
Tepelná ztráta větráním [W]						81			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						296			

103									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]									0
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Stěna spíž	3,1	20	20	16	1,125	0,125	0,43		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]									0,43
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Podlaha	2,3	20	20	4,1	1,45	0,169	0,497	1	0,28
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]									0,28
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 20\text{ °C}$				$\theta_e = -12\text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						23			
Tepelná ztráta větráním [W]						6			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						29			

104									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	3,1	16	16	0,141	0,05	1	1	0,59	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]									0,59
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Stěna kuchyň	3,3	16	16	20	0,889	-0,14	-0,42		
Dveře kuchyň	1,6	16	16	20	2,0	-0,14	-0,45		
Stěna WC	3,1	16	16	20	1,125	-0,14	-0,49		
Strop	0,9	16	16	20	0,683	-0,14	-0,09		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]									-1,45
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Podlaha	2,1	16	16	4,1	1,45	0,169	0,895	1	0,45
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]									0,45
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$					$\theta_e = -12 \text{ } ^\circ\text{C}$				
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						-11			
Tepelná ztráta větráním [W]						8			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						-3			

105									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zed'	9,8	20	20	0,141	0,05	1	1	1,87	
Okna	1,2	20	20	0,7	0,05	1	1	0,90	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]									2,77
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Stěna spíž	3,3	20	20	16	0,889	0,125	0,36		
Dveře spíž	1,6	20	20	16	2,0	0,125	0,39		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]									0,75
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Podlaha	13,7	20	20	4,1	1,45	0,169	0,497	1	1,66
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]									1,66
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 20 \text{ °C}$				$\theta_e = -12 \text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem						166			
$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]									
Tepelná ztráta větráním [W]						41			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						207			

106									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	16,0	20	20	0,141	0,05	1	1	2,97	
Okna	6,0	20	20	0,7	0,05	1	1	4,5	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]								7,47	
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]								0	
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Podlaha	16,0	20	20	4,1	1,45	0,169	0,497	1	1,94
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]								1,94	
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 20\text{ °C}$				$\theta_e = -12\text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						301			
Tepelná ztráta větráním [W]						702			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						1003			

107									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	17,2	20	20	0,141	0,05	1	1	3,27	
Okna	7	20	20	0,7	0,05	1	1	5,25	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]									8,52
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Stěna koup.	6,8	20	20	24	0,87	-0,125	-0,74		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]									-0,74
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Podlaha	19,8	20	20	4,1	1,45	0,169	0,497	1	2,41
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]									2,41
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$					$\theta_e = -12 \text{ } ^\circ\text{C}$				
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem						326			
$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]									
Tepelná ztráta větráním [W]						708			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						1035			

108									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zed'	4,4	24	24	0,141	0,05	1	1	0,85	
Okna	0,45	24	24	0,7	0,05	1	1	0,34	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]									1,19
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Stěna TM	6,8	24	24	18	1,125	0,167	1,28		
Stěna OP	6,8	24	24	20	0,87	0,111	0,66		
Stěna chodba	3,3	24	24	20	1,125	0,111	0,41		
Dveře chodba	1,6	24	24	20	2,0	0,111	0,35		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]									2,7
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Podlaha	4,6	24	24	4,1	1,45	0,169	0,553	1	0,62
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]									0,62
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 24\text{ °C}$				$\theta_e = -12\text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem						162			
$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]									
Tepelná ztráta větráním [W]						125			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						287			

109									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	6,0	18	18	0,141	0,05	1	1	1,15	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]									1,15
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Stěna koup.	7,2	18	18	24	1,125	-0,20	-1,62		
Stěna chodba	4,2	18	18	20	1,125	-0,07	-0,32		
Dveře chodba	1,8	18	18	20	2,0	-0,07	-0,24		
Stěna zádveří	7,2	18	18	12	0,87	0,20	1,25		
Strop	5,3	18	18	24	0,686	-0,20	-0,73		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]									-1,65
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Podlaha	5,3	18	18	4,1	1,45	0,169	0,908	1	1,18
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]									1,18
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 18\text{ °C}$					$\theta_e = -12\text{ °C}$				
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem						18			
$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]									
Tepelná ztráta větráním [W]						2			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						20			

201									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	10,0	20	20	0,141	0,05	1	1	1,90	
Okno	1,0	20	20	0,7	0,05	1	1	0,75	
Střecha	29,7	20	20	0,142	0,05	1	1	5,70	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]								8,35	
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Strop spíž	0,9	20	20	16	0,683	0,125	0,08		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]								0,08	
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]								0	
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 20 \text{ °C}$				$\theta_e = -12 \text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						270			
Tepelná ztráta větráním [W]						159			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						429			

202									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	18,6	20	20	0,141	0,05	1	1	3,54	
Okno	3,0	20	20	0,7	0,05	1	1	2,25	
Střecha	16,0	20	20	0,142	0,05	1	1	3,06	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]								8,85	
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]								0	
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]								0	
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 20\text{ °C}$				$\theta_e = -12\text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						283			
Tepelná ztráta větráním [W]						422			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						705			

203									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	20,2	20	20	0,141	0,05	1	1	3,84	
Okno	4,0	20	20	0,7	0,05	1	1	3,0	
Střecha	19,8	20	20	0,142	0,05	1	1	3,8	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]									10,64
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]									0
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]									0
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 20\text{ °C}$				$\theta_e = -12\text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						341			
Tepelná ztráta větráním [W]						439			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						780			

204									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	10,0	24	24	0,141	0,05	1	1	1,90	
Okno	1,0	24	24	0,7	0,05	1	1	0,75	
Střecha	10,3	24	24	0,142	0,05	1	1	1,97	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]								4,62	
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Podlaha TM	5,3	24	24	18	0,683	0,167	0,60		
Stěna ložnice	6,8	24	24	20	0,867	0,111	0,66		
Stěna chodba	9,4	24	24	20	1,125	0,111	1,18		
Dveře chodba	1,6	24	24	20	2,0	0,111	0,35		
Stěna pracovna	6,8	24	24	20	0,867	0,111	0,66		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]								3,44	
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]								0	
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 24 \text{ °C}$				$\theta_e = -12 \text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						290			
Tepelná ztráta větráním [W]						157			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						448			

205									
Z vytápěného prostoru přímo do venkovního									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	ΔU_{TB} [W/(m ² · K)]	$f_{U,k}$ [–]	$f_{ie,k}$ [–]	$H_{T,ie}$ [W/K]	
Venkovní zeď	17,8	20	20	0,141	0,05	1	1	3,39	
Okno	2,3	20	20	0,7	0,05	1	1	1,69	
Střecha	12,3	20	20	0,142	0,05	1	1	2,36	
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k} \rangle$ [W/m]								7,44	
Do nebo přes sousední prostor									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	U_k [W/(m ² · K)]	$f_{ia,k}$ [–]	$H_{T,ia}$ [W/K]		
Strop zádveří	6,2	20	20	12	0,683	0,25	1,05		
Celkem $\sum_k \langle A_k \cdot U_k \cdot f_{ia,k} \rangle$ [W/m]								1,05	
Prostupem do zeminy									
Stavební část	A_k [m ²]	$\theta_{int,i}$ [°C]	$\theta_{int,k}$ [°C]	θ_x [°C]	$f_{\theta ann}$ [–]	$U_{equiv,k}$ [W/(m ² · K)]	$f_{ig,k}$ [–]	$f_{GW,k}$ [–]	$H_{T,ig}$ [W/K]
Celkem $f_{\theta ann} \cdot \sum_k \langle A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{ig,k} \cdot f_{GW,k} \rangle$ [W/m]								0	
Výpočtové teploty									
$\theta_{int,i} = 20\text{ °C}$				$\theta_e = -12\text{ °C}$					
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]						272			
Tepelná ztráta větráním [W]						411			
Celková návrhová tepelná ztráta [W]						682			

P5 VÝPOČET VÝKONU PV

PV A1			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	296,4	W
Rozměry místnosti	A	-	m
	B	-	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	1,8	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,54	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,15	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,01	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	24,1	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,3	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,26	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,29	-
	O_P/S_P	1,90	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	11,2	m
Otopná podlahová plocha	S_P	5,9	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	48,8	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	2,9	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	24,4	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	304	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	393	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	371	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	328	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	-31	W

PV A2			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	207	W
Rozměry místnosti	A	4,1	m
	B	3,4	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	2,6	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,54	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,15	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,01	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	24,1	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,3	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,26	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,19	-
	O_P/S_P	1,26	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	12,8	m
Otopná podlahová plocha	S_P	10,1	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	48,8	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	2,9	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	0,0	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	524	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	626	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	591	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	462	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	-255	W

PV A3			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	1002,7	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,0	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	0	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,21	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,15	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	8,81	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	25,3	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,15	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,26	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,19	-
	O_P/S_P	1,63	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	11,3	m
Otopná podlahová plocha	S_P	6,9	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	63,2	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	3,0	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	25,3	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	460	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	547	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	522	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	522	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	481	W

PV A4			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Chybějící výkon	\dot{Q}_Z	481	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,0	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	0	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,21	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,15	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	8,81	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	25,3	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,15	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,26	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,19	-
	O_P/S_P	1,63	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	11,3	m
Otopná podlahová plocha	S_P	6,9	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	63,2	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	3,1	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	25,3	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	460	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	548	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	522	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	522	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	-41	W

PV A5			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	1035	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,9	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	0,8	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,21	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,15	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	8,81	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	25,3	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,15	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,26	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,23	-
	O_P/S_P	1,98	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	10,0	m
Otopná podlahová plocha	S_P	5,0	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	63,2	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	3,1	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	31,6	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	334	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	411	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	392	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	368	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	667	W

PV A6			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Chybějící výkon	\dot{Q}_Z	667	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,9	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	0,0	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,21	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,15	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	8,81	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	25,3	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,15	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,26	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,23	-
	O_P/S_P	1,96	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	8,8	m
Otopná podlahová plocha	S_P	4,5	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	63,2	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	3,1	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	31,6	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	297	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	365	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	348	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	348	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	319	W

PV A7			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Chybějící výkon	\dot{Q}_Z	319	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,9	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	2,7	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,21	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,15	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	8,81	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	25,3	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,15	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,26	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,20	-
	O_P/S_P	1,72	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	9,4	m
Otopná podlahová plocha	S_P	5,5	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	63,2	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	3,1	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	31,6	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	362	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	434	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	414	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	328	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	-8	W

PV A8			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	287	W
Rozměry místnosti	A	1,8	m
	B	2,5	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	1,35	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,54	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,15	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,01	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	24	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	27,6	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,075	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,26	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,26	-
	O_P/S_P	2,56	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	6,6	m
Otopná podlahová plocha	S_P	2,6	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	43,6	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	3,4	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	0,0	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	121	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	152	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	141	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	82	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	205	W

PV B1			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	682	W
Rozměry místnosti	A	2,5	m
	B	4,9	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	1,0	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,26	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,89	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,27	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	17,5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	25,2	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,15	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,25	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,20	-
	O_P/S_P	1,82	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	8,8	m
Otopná podlahová plocha	S_P	4,8	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	62,7	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	7,4	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	31,4	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	339	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	408	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	365	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	334	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	348	W

PV B2			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Chybějící výkon	\dot{Q}_Z	348	W
Rozměry místnosti	A	2,5	m
	B	4,9	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	0	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,26	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,89	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,27	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	17,5	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	25,2	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,15	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,25	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,21	-
	O_P/S_P	1,87	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	8,6	m
Otopná podlahová plocha	S_P	4,6	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	62,7	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	7,4	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	31,4	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	323	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	390	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	349	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	349	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	-1	W

PV B3			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	429	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,0	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	3,7	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	3,43	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,89	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	6,75	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	20	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	22,5	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,2	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,34	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,18	-
	O_P/S_P	1,17	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	14,4	m
Otopná podlahová plocha	S_P	12,3	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	29,9	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	5,2	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	29,9	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	432	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	509	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	434	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	434	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	-5	W

PV B4			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	705	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,0	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	3,6	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,26	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,89	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,27	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	20	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	24,3	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,25	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,25	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,22	-
	O_P/S_P	1,58	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	11,4	m
Otopná podlahová plocha	S_P	7,2	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	51,4	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	4,2	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	25,7	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	401	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	488	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	451	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	358	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	347	W

PV B5			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Chybějící výkon	\dot{Q}_Z	347	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,0	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	1,3	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,26	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,89	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,27	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	20	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	24,3	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,25	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,25	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,27	-
	O_P/S_P	2,00	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	12,6	m
Otopná podlahová plocha	S_P	6,3	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	51,4	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	4,2	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	25,7	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	350	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	446	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	412	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	380	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	-33	W

PV B6			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	780	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,9	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	2,6	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,26	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,89	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,27	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	20	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	24,8	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,2	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,25	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,17	-
	O_P/S_P	1,41	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	12,0	m
Otopná podlahová plocha	S_P	8,5	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	57,1	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	4,7	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	28,5	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	525	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	616	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	570	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	497	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	283	W

PV B7			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Chybějící výkon	\dot{Q}_Z	283	W
Rozměry místnosti	A	4,0	m
	B	4,9	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	9,9	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,26	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,89	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,27	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	20	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	20	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	24,8	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,2	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,25	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,17	-
	O_P/S_P	1,40	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	12,2	m
Otopná podlahová plocha	S_P	8,7	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	57,1	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	4,7	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	28,5	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	540	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	632	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	584	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	301	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	-19	W

PV B8			
Teplotní spád	Δt	6	K
Kinematická viskozita otopné vody	ν	8,01E-07	$m^2 \cdot s$
Hustota otopné vody	ρ	995,7	kg/m^3
Tepelná ztráta místnosti	\dot{Q}_Z	448	W
Rozměry místnosti	A	2,5	m
	B	4,0	m
Plocha zakrytá nábytkem	S_n	2,0	m^2
Tepelná propustnost vrstev nad osou trubek	Λ_a	7,59	$W/(m^2 \cdot K)$
Tepelná propustnost vrstev pod osou trubek	Λ_b	0,89	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na povrchu podlahy	α_p	12	$W/(m^2 \cdot K)$
Součinitel přestupu tepla na spodní straně	α'_p	8	$W/(m^2 \cdot K)$
Charakteristické číslo podlahy	m	9,46	m^{-1}
Vnitřní výpočtová teplota	t_i	24	$^{\circ}C$
Teplota pod podlahou	t'_i	20	$^{\circ}C$
Střední teplota otopné vody	t_m	30,0	$^{\circ}C$
Střední povrchová teplota podlahové plochy	t_p	27,6	$^{\circ}C$
Vnější průměr trubek	d_{PV}	0,016	m
Rozteč trubek	l	0,075	m
Šířka okraje otopné plochy	r	0,24	m
Poměry	\dot{Q}_O/\dot{Q}_P	0,15	-
	O_P/S_P	1,56	m^{-1}
Obvod otopné podlahové plochy	O_p	11,1	m
Otopná podlahová plocha	S_P	7,1	m^2
Měrný tepelný výkon směrem nahoru	\dot{q}	43,7	W/m^2
Měrný tepelný výkon směrem dolů	\dot{q}'	7,0	W/m^2
Měrný tepelný tok v ploše pod nábytkem	\dot{q}_n	0,0	W/m^2
Celkový tepelný příkon otopné plochy	\dot{Q}_{PC}	359	W
Skut. celkový výkon otopné podlahové plochy	\dot{Q}_C	414	W
Celkový otopný výkon dodávaný do místnosti	\dot{Q}_{CM}	357	W
Otopný výkon do místnosti s uvažováním nábytku	$\dot{Q}_{c,skut.}$	270	W
Chybí	\dot{Q}_{CH}	178	W

P6 HYDRAULICKÝ VÝPOČET PV

Hydraulika A1			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	43,6	kg/h
Rychlost proudění	w	0,1	m/s
Délka přípojky	L_P	2,4	m
Délka smyčky	L_{PV}	27,0	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	28,4	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	766	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,9	-
Počet potrubí ve smyčce	n	6	-
Suma ksí	$\sum \xi$	18,7	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	107	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	873	Pa

Hydraulika A2			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	33,7	kg/h
Rychlost proudění	w	0,08	m/s
Délka přípojky	L_P	6	m
Délka smyčky	L_{PV}	41,5	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	18,3	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	760	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,87	-
Počet potrubí ve smyčce	n	10	-
Suma ksí	$\sum \xi$	33,7	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	115	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	875	Pa

Hydraulika A3			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	66,0	kg/h
Rychlost proudění	w	0,16	m/s
Délka přípojky	L_P	13,8	m
Délka smyčky	L_{PV}	62,4	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	57,5	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	3591	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,3	-
Počet potrubí ve smyčce	n	12	-
Suma ksí	$\sum \xi$	28,9	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	379	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	3970	Pa

Hydraulika A4			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	66,1	kg/h
Rychlost proudění	w	0,16	m/s
Délka přípojky	L_P	15	m
Délka smyčky	L_{PV}	63,6	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	57,6	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	3666	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,3	-
Počet potrubí ve smyčce	n	12	-
Suma ksí	$\sum \xi$	28,9	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	379	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	4045	Pa

Hydraulika A5			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	59,0	kg/h
Rychlost proudění	w	0,1	m/s
Délka přípojky	L_P	8,4	m
Délka smyčky	L_{PV}	43,7	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	47,5	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	2073	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,3	-
Počet potrubí ve smyčce	n	10	-
Suma ksí	$\sum \xi$	23,7	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	247	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	2321	Pa

Hydraulika A6			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	42,6	kg/h
Rychlost proudění	w	0,1	m/s
Délka přípojky	L_P	12,4	m
Délka smyčky	L_{PV}	43,76	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	27,3	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	1195	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,3	-
Počet potrubí ve smyčce	n	10,0	-
Suma ksí	$\sum \xi$	23,7	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	129	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	1324	Pa

Hydraulika A7			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	51,9	kg/h
Rychlost proudění	w	0,1	m/s
Délka přípojky	L_P	8	m
Délka smyčky	L_{PV}	46,2	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	38,2	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	1767	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,3	-
Počet potrubí ve smyčce	n	14,0	-
Suma ksí	$\sum \xi$	34,2	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	277	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	2044	Pa

Hydraulika A8			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	17,3	kg/h
Rychlost proudění	w	0,04	m/s
Délka přípojky	L_P	4,4	m
Délka smyčky	L_{PV}	40,3	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	5,9	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	238	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	0,7	-
Počet potrubí ve smyčce	n	14	-
Suma ksí	$\sum \xi$	18	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	16	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	254	Pa

Hydraulika B1			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	48,6	kg/h
Rychlost proudění	w	0,1	m/s
Délka přípojky	L_P	13	m
Délka smyčky	L_{PV}	46,8	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	34,2	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	1600	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,31	-
Počet potrubí ve smyčce	n	14	-
Suma ksí	$\sum \xi$	34,2	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	243	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	1843	Pa

Hydraulika B2			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	46,3	kg/h
Rychlost proudění	w	0,1	m/s
Délka přípojky	L_P	12	m
Délka smyčky	L_{PV}	44,2	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	31,5	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	1390	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,3	-
Počet potrubí ve smyčce	n	14	-
Suma ksí	$\sum \xi$	34,2	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	220	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	1611	Pa

Hydraulika B3			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	62,0	kg/h
Rychlost proudění	w	0,2	m/s
Délka přípojky	L_P	2,8	m
Délka smyčky	L_{PV}	67,5	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	51,7	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	3487	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,6	-
Počet potrubí ve smyčce	n	14,0	-
Suma ksí	$\sum \xi$	40,3	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	466	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	3953	Pa

Hydraulika B4			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	57,6	kg/h
Rychlost proudění	w	0,1	m/s
Délka přípojky	L_P	13,0	m
Délka smyčky	L_{PV}	43,3	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	45,6	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	1976	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,7	-
Počet potrubí ve smyčce	n	8	-
Suma ksí	$\sum \xi$	24,2	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	241	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	2217	Pa

Hydraulika B5			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	50,3	kg/h
Rychlost proudění	w	0,1	m/s
Délka přípojky	L_P	12,4	m
Délka smyčky	L_{PV}	38,9	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	36,2	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	1405	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,7	-
Počet potrubí ve smyčce	n	8	-
Suma ksí	$\sum \xi$	24,2	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	184	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	1589	Pa

Hydraulika B6			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	75,4	kg/h
Rychlost proudění	w	0,2	m/s
Délka přípojky	L_P	10,2	m
Délka smyčky	L_{PV}	54,9	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	72,1	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	3956	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,6	-
Počet potrubí ve smyčce	n	12	-
Suma ksí	$\sum \xi$	34,1	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	583	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	4539	Pa

Hydraulika B7			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	77,5	kg/h
Rychlost proudění	w	0,2	m/s
Délka přípojky	L_P	13,4	m
Délka smyčky	L_{PV}	59,3	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	75,4	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	4472	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	1,6	-
Počet potrubí ve smyčce	n	12	-
Suma ksí	$\sum \xi$	34,1	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	615	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	5087	Pa

Hydraulika B8			
Vnitřní průměr potrubí	$d_{PV,i}$	0,012	m
Hmotnostní tok	\dot{m}	51,5	kg/h
Rychlost proudění	w	0,1	m/s
Délka přípojky	L_P	5,4	m
Délka smyčky	L_{PV}	104,5	m
Měrná tlaková ztráta	R_z	37,7	Pa/m
Tlaková ztráta třením	Δp_{zl}	3939	Pa
Součinitel místní ztráty pro ohyb 90°	ξ_{90}	0,7	-
Počet potrubí ve smyčce	n	26,0	-
Suma ksí	$\sum \xi$	35,2	-
Místní tlaková ztráta	Δp_{zm}	281	Pa
Celkové tlakové ztráty	Δp_z	4220	Pa

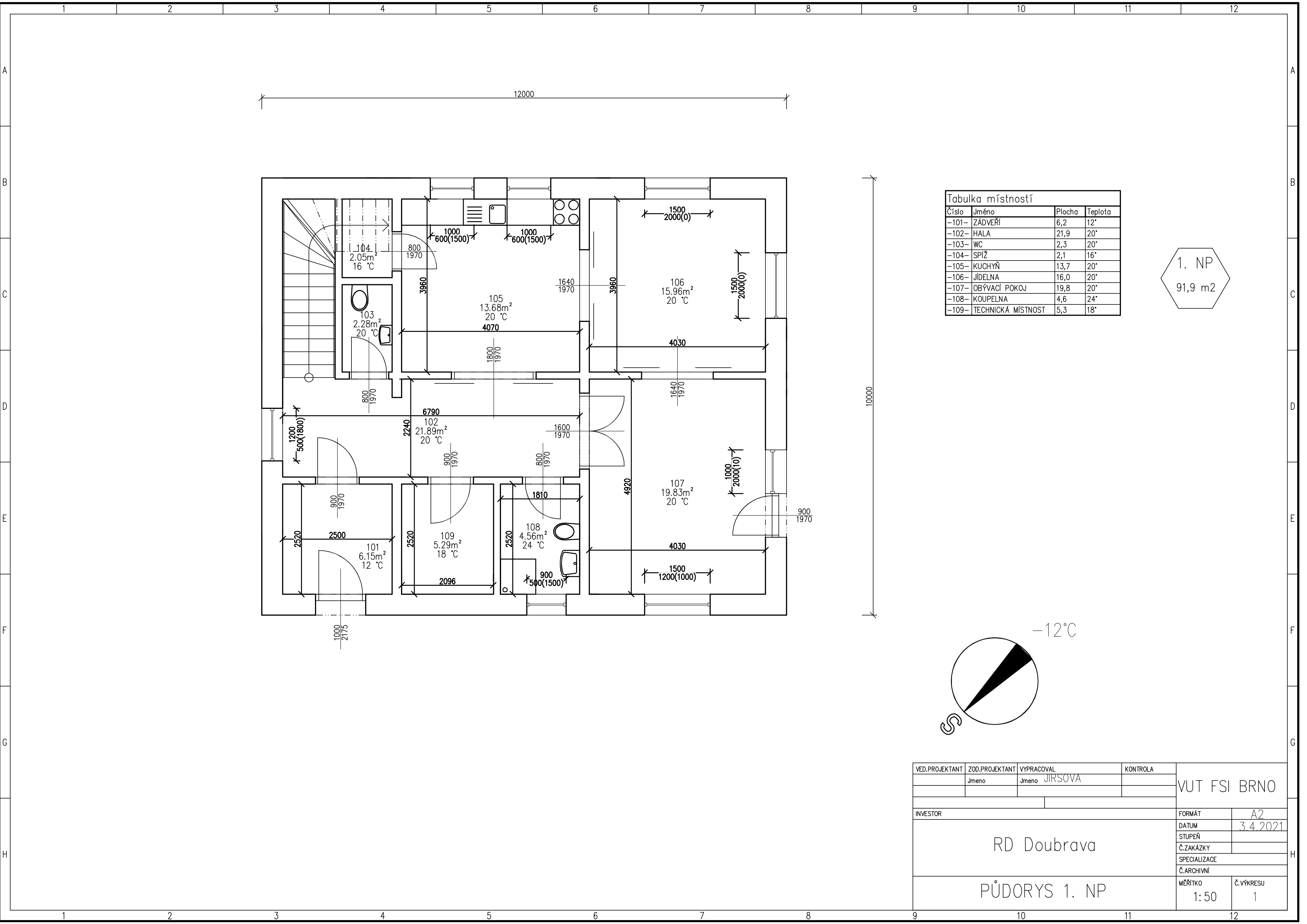
P7 POŘIZOVACÍ NÁKLADY VZDUCHOTECHNIKA

Název	Označení	Množství	Cena v Kč
Větrací jednotka	ComfoAir Q600 ST Enthalpie	1	156 500
Přívodní ventil	Luna S125	7	5 600
Odvodní ventil	Luna E125	9	7 200
Potrubí	ComfoTube 90	6 × 20 m	19 200
Potrubí	ComfoPipe 200	20 × 1 m	40 000
Koleno	ComfoPipe 200	6	6 000
Akustický tlumič	CW-S 520	2	13 200
Koncová deska	CW-P 520	2	4 000
Redukční kus	DN200-DN180	2	1 400
Montážní deska	CW-M 520-10×90/P	2	7 000
Škrticí vsuvka	ComfoSet 90	4	1 700
Krytky trubky	-	4	4 400
Kryt vývodu vzduchu	-	16	16 000
Řídicí jednotka	ComfoConect LAN C	1	7 500
Ovládací prvek	ComfoSense C55	1	7 000
Předehřívací registr	-	1	10 000
Celkem			306 700

P8 POŘIZOVACÍ NÁKLADY VYTÁPĚNÍ

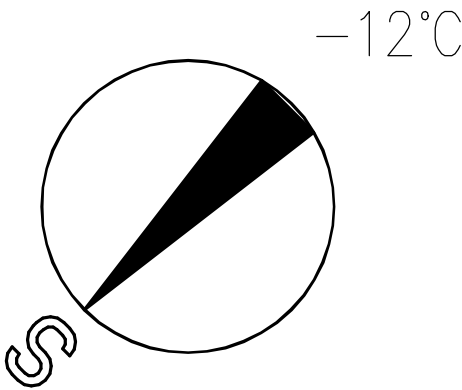
Název	Označení	Množství	Cena v Kč
Tepelné čerpadlo	NIBE S1255 ¹⁵	1	285 000
Rozdělovač Herz	Herz 863x	2	14 900
Elektrický žebřík	KRTER 700.600	2	17 700
Potrubí PV	PE-RT 16 x 2	16 × 50 m	24 800
Potrubí zdroj – rozděl.	IVAR.ALPEX ISOL 26x3	1 × 50 m	9 000
Příchytky PV	-	1 100	2 200
Přechodka na potrubí PV	G3/4", 16x2	32	3 400
Dilatační páska	-	10 × 25 m	2 750
Termostat. hlavice	1910280	16	1 800
Expanzní nádoba	EN HS005	1	720
Pojistný ventil	Regulus G 3/4" FF	1	220
Regulační šroubení	RŠ IMI STK	1	1 200
Kulový kohout PV	KK DN25	4	2 400
Uzavírací ventil TČ	DN20 - 3/4" PN16, K-83T	2	540
Svěrný přechod vnější	SP s vnějším závitem 20 mm x 1"	4	760
Svěrný T-kus	-	3	750
Koleno	90°	20	4 000
Sběrač/rozdělovač primárního okruhu	RS Expres 3/3	1	15 500
Nemrznoucí kapalina do primárního okruhu	GEROfrost 200 l	1	11 400
Výkopové práce plošný zemní kolektor	-	-	11 200
Celkem			410 240

¹⁵ Včetně 300 m potrubí plošného zemního kolektoru

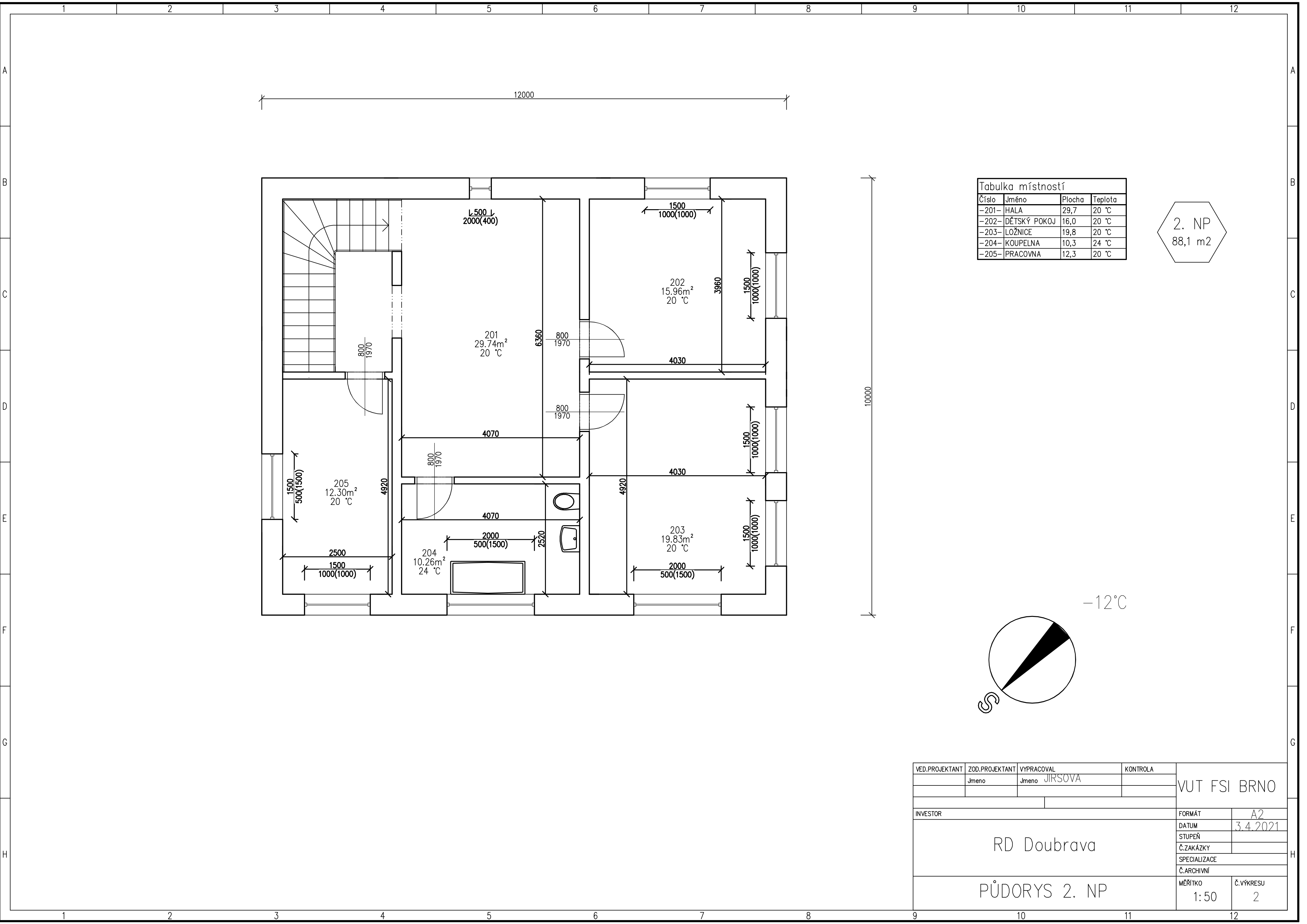


Tabulka místností			
Číslo	Jméno	Plocha	Teplota
-101-	ZÁDVEŘÍ	6,2	12°
-102-	HALA	21,9	20°
-103-	WC	2,3	20°
-104-	SPÍŽ	2,1	16°
-105-	KUCHYŇ	13,7	20°
-106-	JÍDELNA	16,0	20°
-107-	OBÝVACÍ POKOJ	19,8	20°
-108-	KOUPELNA	4,6	24°
-109-	TECHNICKÁ MÍSTNOST	5,3	18°

1. NP
91,9 m2

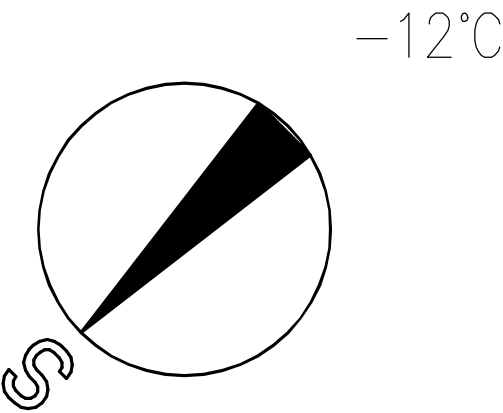


VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
	Jmeno	Jmeno JIRSOVA			
INVESTOR				FORMÁT	A2
RD Doubrava				DATUM	3.4.2021
				STUPEŇ	
				Č.ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
PŮDORYS 1. NP				Č.ARCHIVNÍ	
				MĚŘÍTKO	1:50
				Č.VÝKRESU	1

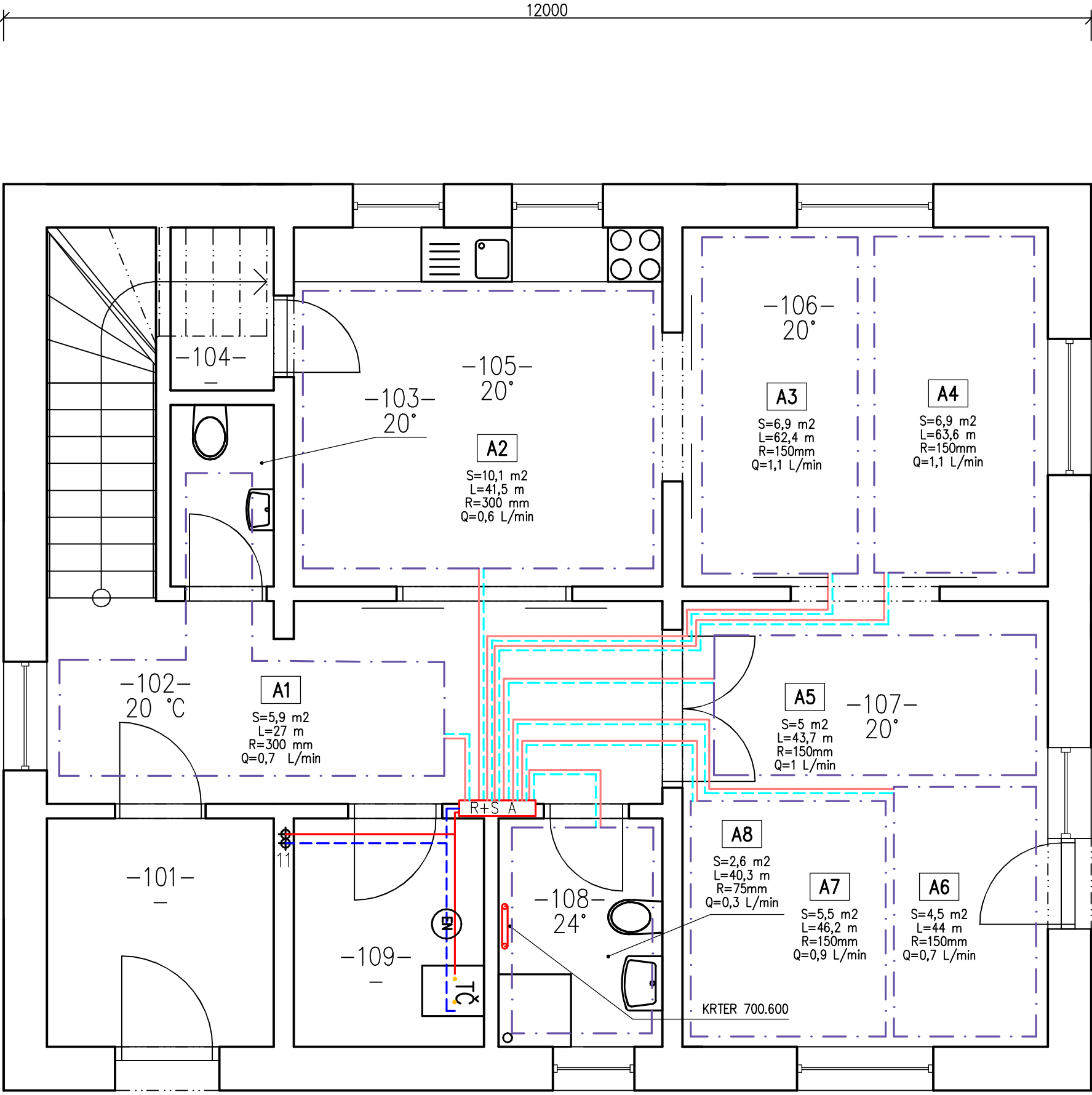


Tabulka místností			
Číslo	Jméno	Plocha	Teplota
-201-	HALA	29,7	20 °C
-202-	DĚTSKÝ POKOJ	16,0	20 °C
-203-	LOŽNICE	19,8	20 °C
-204-	KOUPELNA	10,3	24 °C
-205-	PRACOVNA	12,3	20 °C

2. NP
88,1 m2



VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
	Jmeno	Jmeno JIRSOVA			
INVESTOR				FORMÁT	A2
RD Doubrava				DATUM	3.4.2021
				STUPEŇ	
				Č.ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
PŮDORYS 2. NP				Č.ARCHIVNÍ	
				MĚŘITKO 1:50	Č.VÝKRESU 2



Tabulka místností			
Číslo	Jméno	Plocha	Teplota
-101-	ZÁDVEŘÍ	6,2	-
-102-	HALA	21,9	20°
-103-	WC	2,3	20°
-104-	SPIŽ	2,1	-
-105-	KUCHYŇ	13,7	20°
-106-	JÍDELNA	16,0	20°
-107-	OBÝVACÍ POKOJ	19,8	20°
-108-	KOUPELNA	4,6	24°
-109-	TECHNICKÁ MÍSTNOST	5,3	-

1. NP
91,9 m2

- Topná voda z TČ do rozdělovačů 33 °C
- Topná voda vratka
- Topná voda do podlahového vytápění 33 °C
- Topná voda podlahové topení vratka 27 °C
- Pojišťovací potrubí
- Primární okruh – plošný zemní kolektor

Podlahové vytápění – vícevrstvá hadice Herz PE–RT 16x2 mm

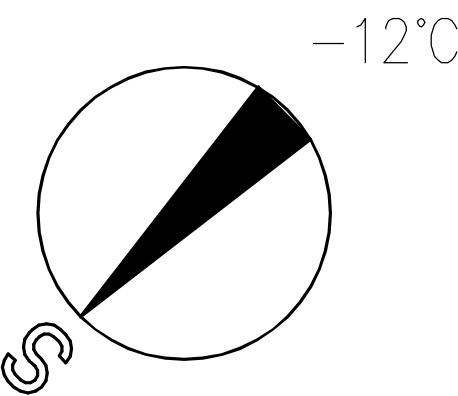
Potrubí kromě armatur a podlahovky IVAR.AL–PEX ISOL 26x3 mm s izolačním pláštěm 6 mm

TČ země voda NIBE F1255 6 kW se zásobníkem na TV 180 l

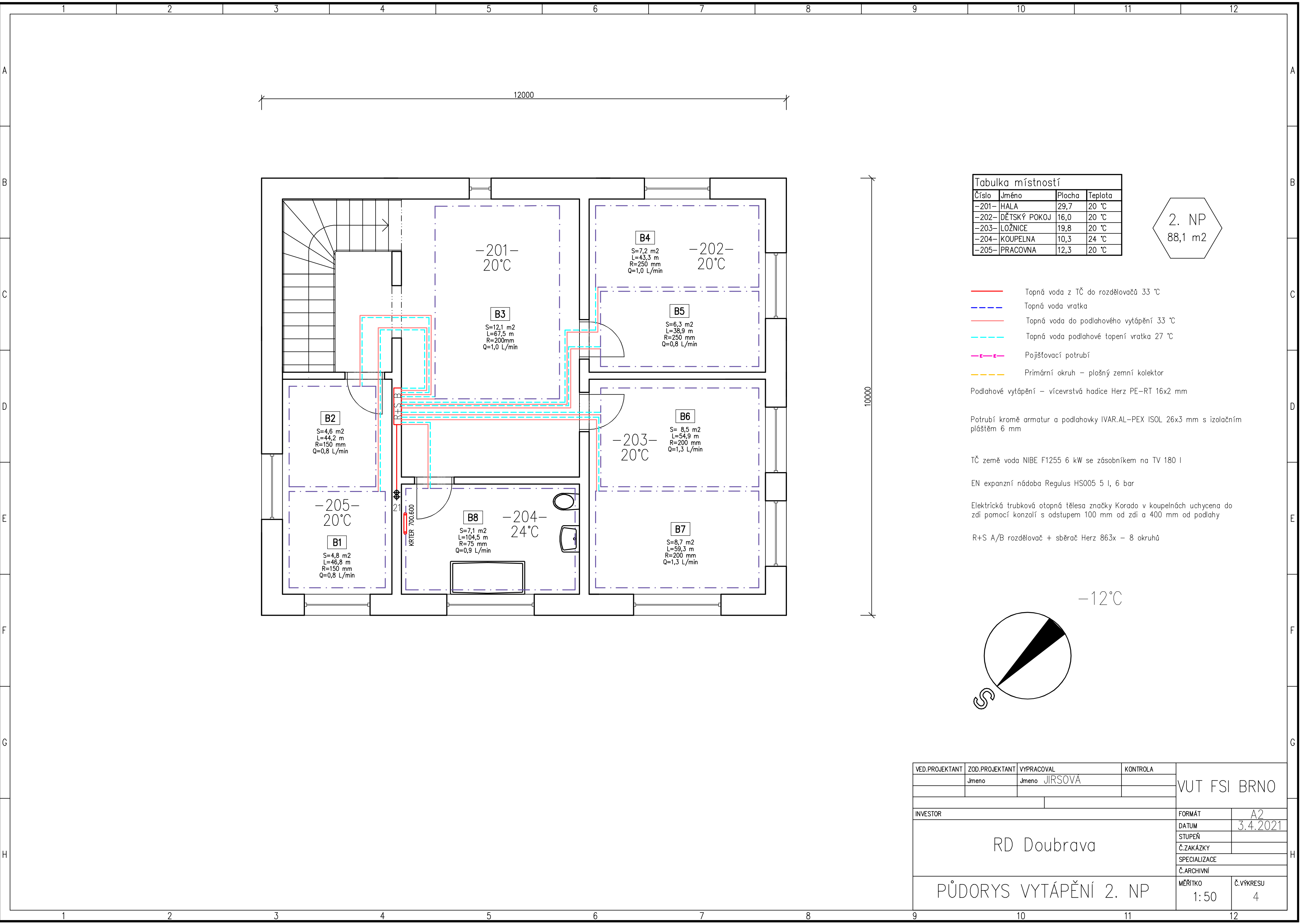
EN expanzní nádoba Regulus HS005 5 l, 6 bar

Elektrická trubková otopná tělesa značky Korado v koupelnách uchycena do zdi pomocí konzolí s odstupem 100 mm od zdi a 400 mm od podlahy

R+S A/B rozdělovač + sběrač Herz 863x – 8 okruhů



VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
	Jmeno	Jmeno JIRSOVÁ			
INVESTOR				FORMÁT	A2
RD Doubrava				DATUM	3.4.2021
				STUPEŇ	
				Č.ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
PŮDORYS VYTÁPĚNÍ 1. NP				Č.ARCHIVNÍ	
				MĚŘITKO	1:50
				Č.VÝKRESU	3



Tabulka místností			
Číslo	Jméno	Plocha	Teplota
-201-	HALA	29,7	20 °C
-202-	DĚTSKÝ POKOJ	16,0	20 °C
-203-	LOŽNICE	19,8	20 °C
-204-	KOUPELNA	10,3	24 °C
-205-	PRACOVNA	12,3	20 °C

2. NP
88,1 m2

- Topná voda z TČ do rozdělovačů 33 °C
- Topná voda vratka
- Topná voda do podlahového vytápění 33 °C
- Topná voda podlahové topení vratka 27 °C
- Pojišťovací potrubí
- Primární okruh – plošný zemní kolektor

Podlahové vytápění – vícevrstvá hadice Herz PE–RT 16x2 mm

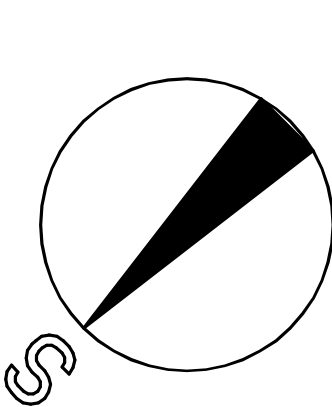
Potrubí kromě armatur a podlahovky IVAR.AL–PEX ISOL 26x3 mm s izolačním pláštěm 6 mm

TČ země voda NIBE F1255 6 kW se zásobníkem na TV 180 l

EN expanzní nádoba Regulus HS005 5 l, 6 bar

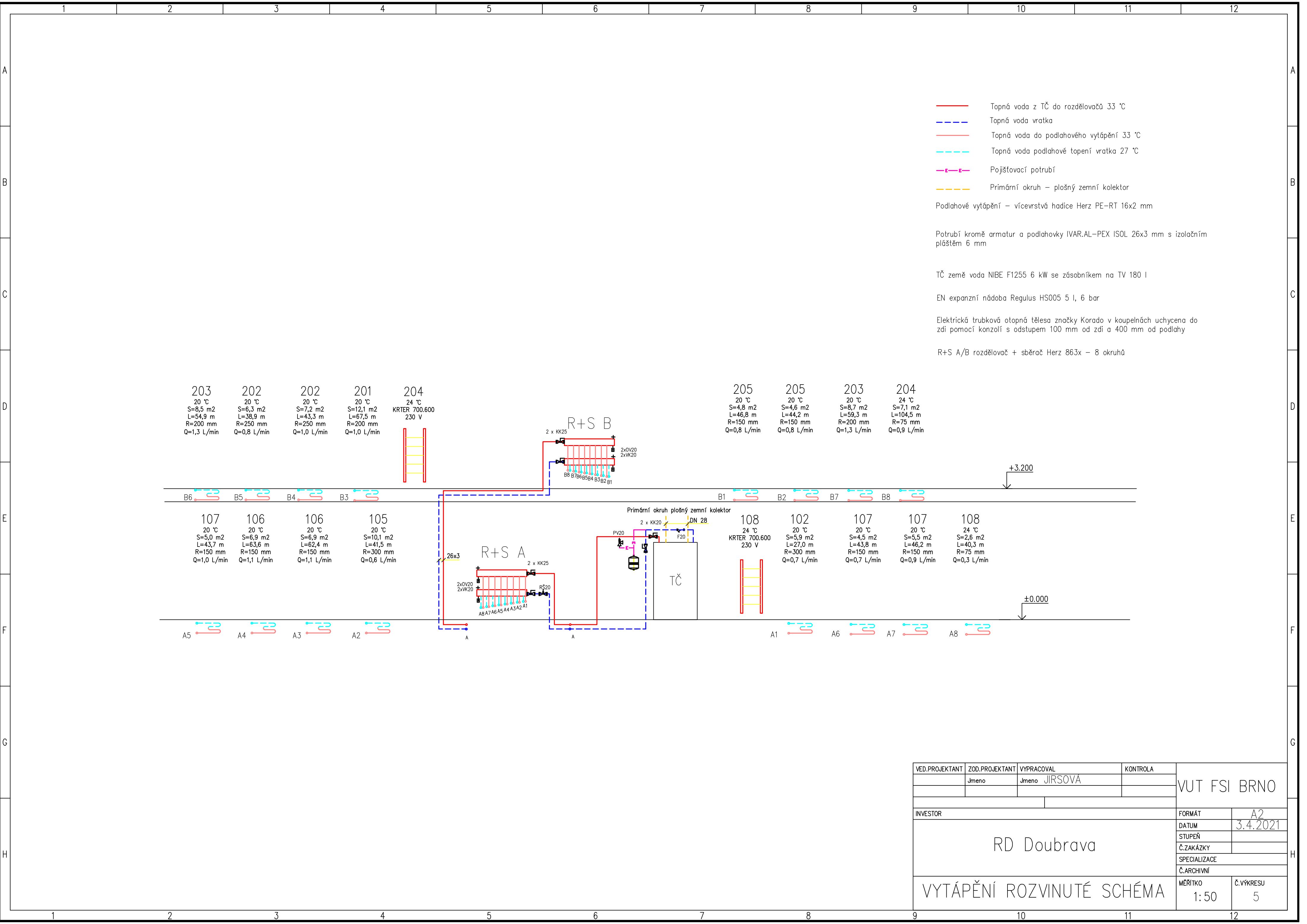
Elektrická trubková otopná tělesa značky Korado v koupelnách uchycena do zdi pomocí konzolí s odstupem 100 mm od zdi a 400 mm od podlahy

R+S A/B rozdělovač + sběrač Herz 863x – 8 okruhů



-12°C

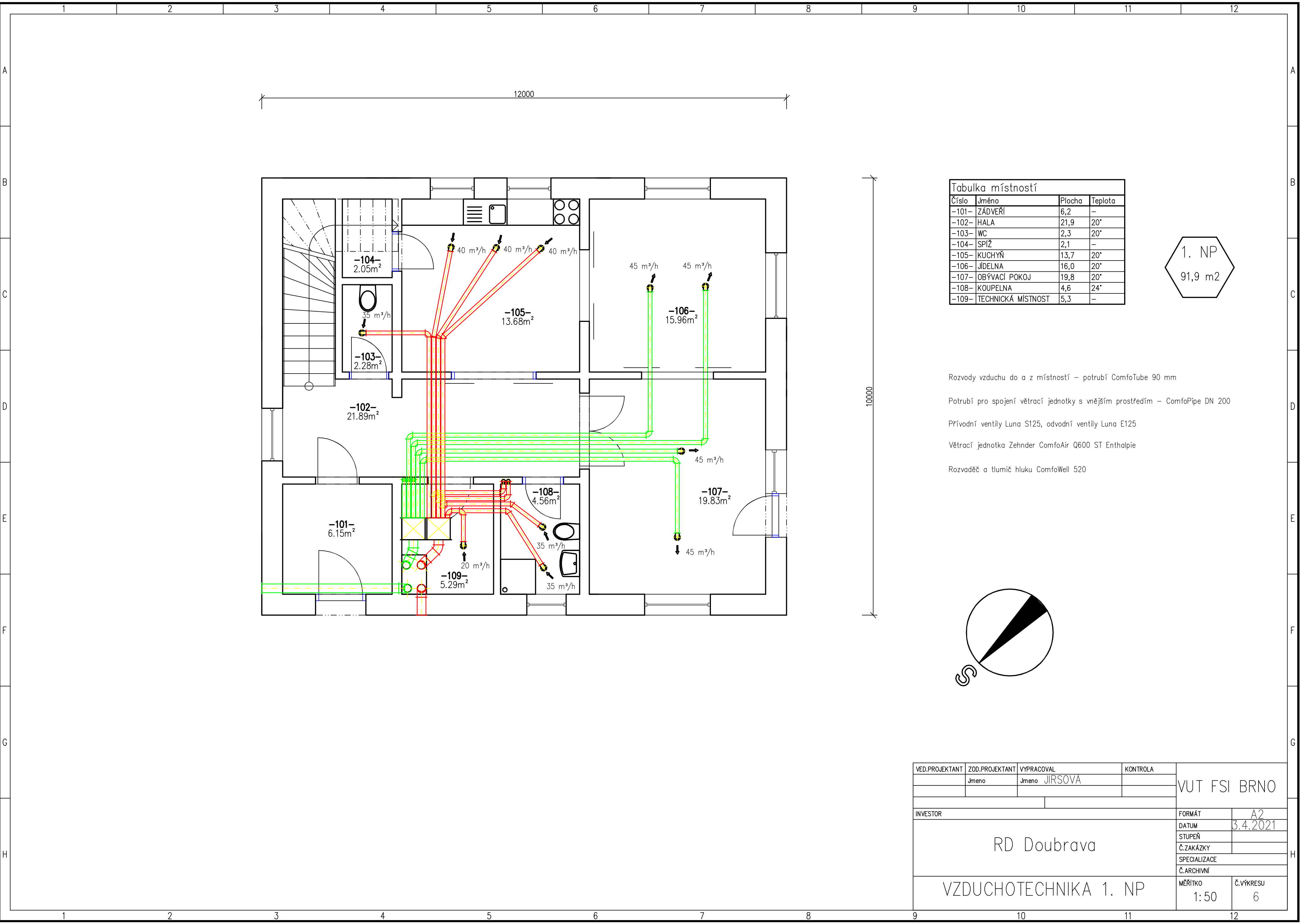
VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
	Jmeno	Jmeno JIRSOVÁ			
INVESTOR				FORMÁT	A2
RD Doubrava				DATUM	3.4.2021
				STUPĚŇ	
				Č.ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
PŮDORYS VYTÁPĚNÍ 2. NP				Č.ARCHIVNÍ	
				MĚŘÍTKO	1:50
				Č.VÝKRESU	4



- Topná voda z TČ do rozdělovačů 33 °C
- Topná voda vratka
- Topná voda do podlahového vytápění 33 °C
- Topná voda podlahové topení vratka 27 °C
- Pojíšťovací potrubí
- Primární okruh – plošný zemní kolektor
- Podlahové vytápění – vícevrstvá hadice Herz PE-RT 16x2 mm
- Potrubí kromě armatur a podlahovky IVAR.AL-PEX ISOL 26x3 mm s izolačním pláštěm 6 mm
- TČ země voda NIBE F1255 6 kW se zásobníkem na TV 180 l
- EN expanzní nádoba Regulus HS005 5 l, 6 bar
- Elektrická trubková otopná tělesa značky Korado v koupelnách uchycena do zdi pomocí konzolí s odstupem 100 mm od zdi a 400 mm od podlahy
- R+S A/B rozdělovač + sběrač Herz 863x – 8 okruhů

203 20 °C S=8,5 m2 L=54,9 m R=200 mm Q=1,3 L/min	202 20 °C S=6,3 m2 L=38,9 m R=250 mm Q=0,8 L/min	202 20 °C S=7,2 m2 L=43,3 m R=250 mm Q=1,0 L/min	201 20 °C S=12,1 m2 L=67,5 m R=200 mm Q=1,0 L/min	204 24 °C KRTER 700.600 230 V	205 20 °C S=4,8 m2 L=46,8 m R=150 mm Q=0,8 L/min	205 20 °C S=4,6 m2 L=44,2 m R=150 mm Q=0,8 L/min	203 20 °C S=8,7 m2 L=59,3 m R=200 mm Q=1,3 L/min	204 24 °C S=7,1 m2 L=104,5 m R=75 mm Q=0,9 L/min
107 20 °C S=5,0 m2 L=43,7 m R=150 mm Q=1,0 L/min	106 20 °C S=6,9 m2 L=63,6 m R=150 mm Q=1,1 L/min	106 20 °C S=6,9 m2 L=62,4 m R=150 mm Q=1,1 L/min	105 20 °C S=10,1 m2 L=41,5 m R=300 mm Q=0,6 L/min		108 24 °C KRTER 700.600 230 V	102 20 °C S=5,9 m2 L=27,0 m R=300 mm Q=0,7 L/min	107 20 °C S=4,5 m2 L=43,8 m R=150 mm Q=0,7 L/min	107 20 °C S=5,5 m2 L=46,2 m R=150 mm Q=0,9 L/min

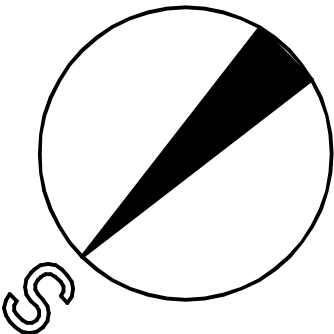
VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
	Jmeno	Jmeno JIRSOVÁ			
INVESTOR				FORMÁT	A2
RD Doubrava				DATUM	3.4.2021
				STUPEŇ	
				Č.ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
VYTÁPĚNÍ ROZVINUTÉ SCHÉMA				Č.ARCHIVNÍ	
				MĚŘITKO	1:50
				Č.VÝKRESU	5



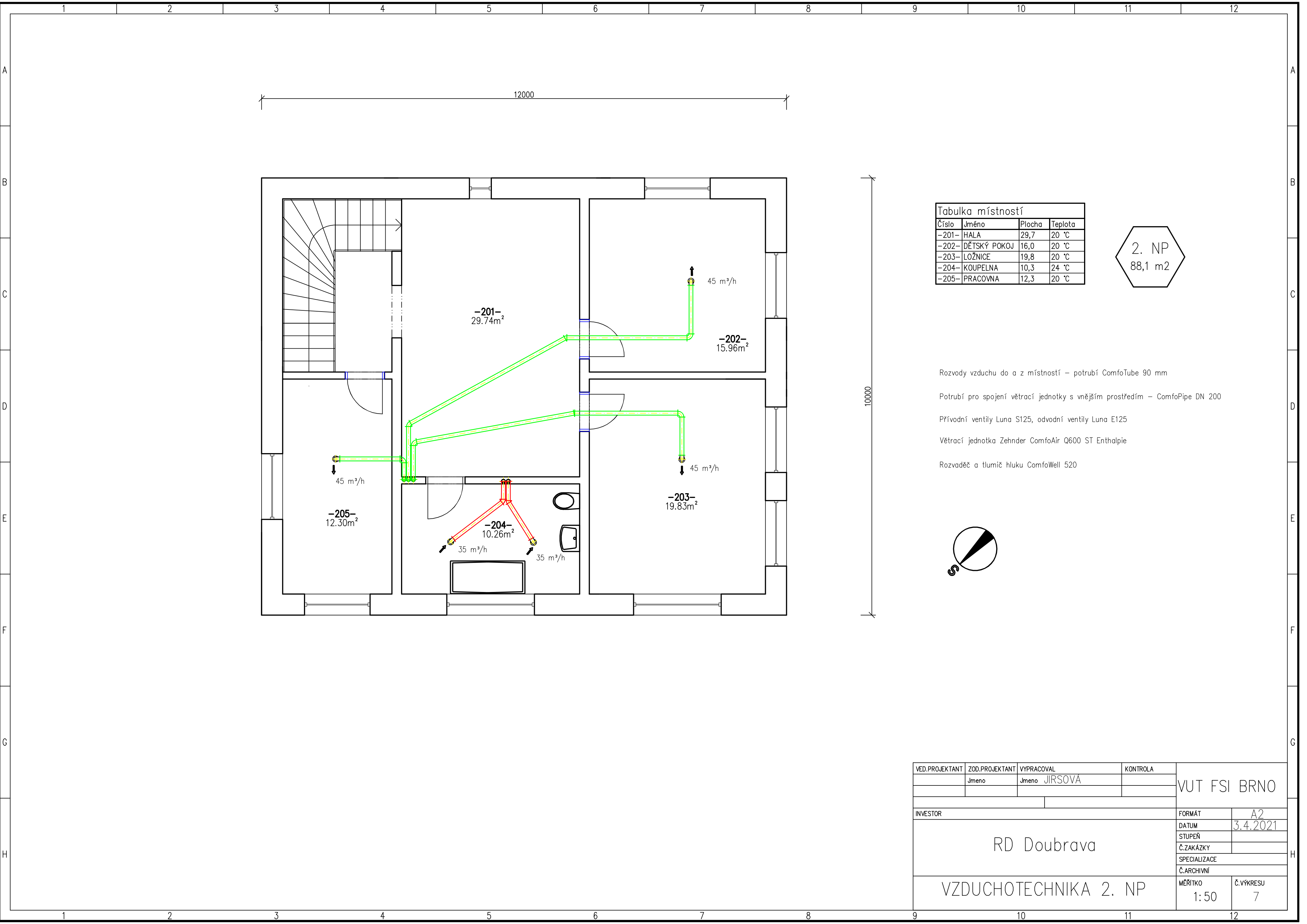
Tabulka místností			
Číslo	Jméno	Plocha	Teplota
-101-	ZÁDVEŘÍ	6,2	-
-102-	HALA	21,9	20°
-103-	WC	2,3	20°
-104-	SPIŽ	2,1	-
-105-	KUCHYŇ	13,7	20°
-106-	JÍDELNA	16,0	20°
-107-	OBÝVACÍ POKOJ	19,8	20°
-108-	KOUPELNA	4,6	24°
-109-	TECHNICKÁ MÍSTNOST	5,3	-

1. NP
91,9 m2

- Rozvody vzduchu do a z místností – potrubí ComfoTube 90 mm
- Potrubí pro spojení větrací jednotky s vnějším prostředím – ComfoPipe DN 200
- Přívodní ventily Luna S125, odvodní ventily Luna E125
- Větrací jednotka Zehnder ComfoAir Q600 ST Enthalpie
- Rozvaděč a tlumič hluku ComfoWell 520



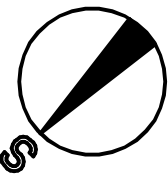
VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
	Jmeno	Jmeno JIRSOVA			
INVESTOR				FORMÁT	A2
RD Doubrava				DATUM	3.4.2021
				STUPEŇ	
				Č.ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
VZDUCHOTECHNIKA 1. NP				Č.ARCHIVNÍ	
				MĚŘITKO	Č.VÝKRESU
				1: 50	6



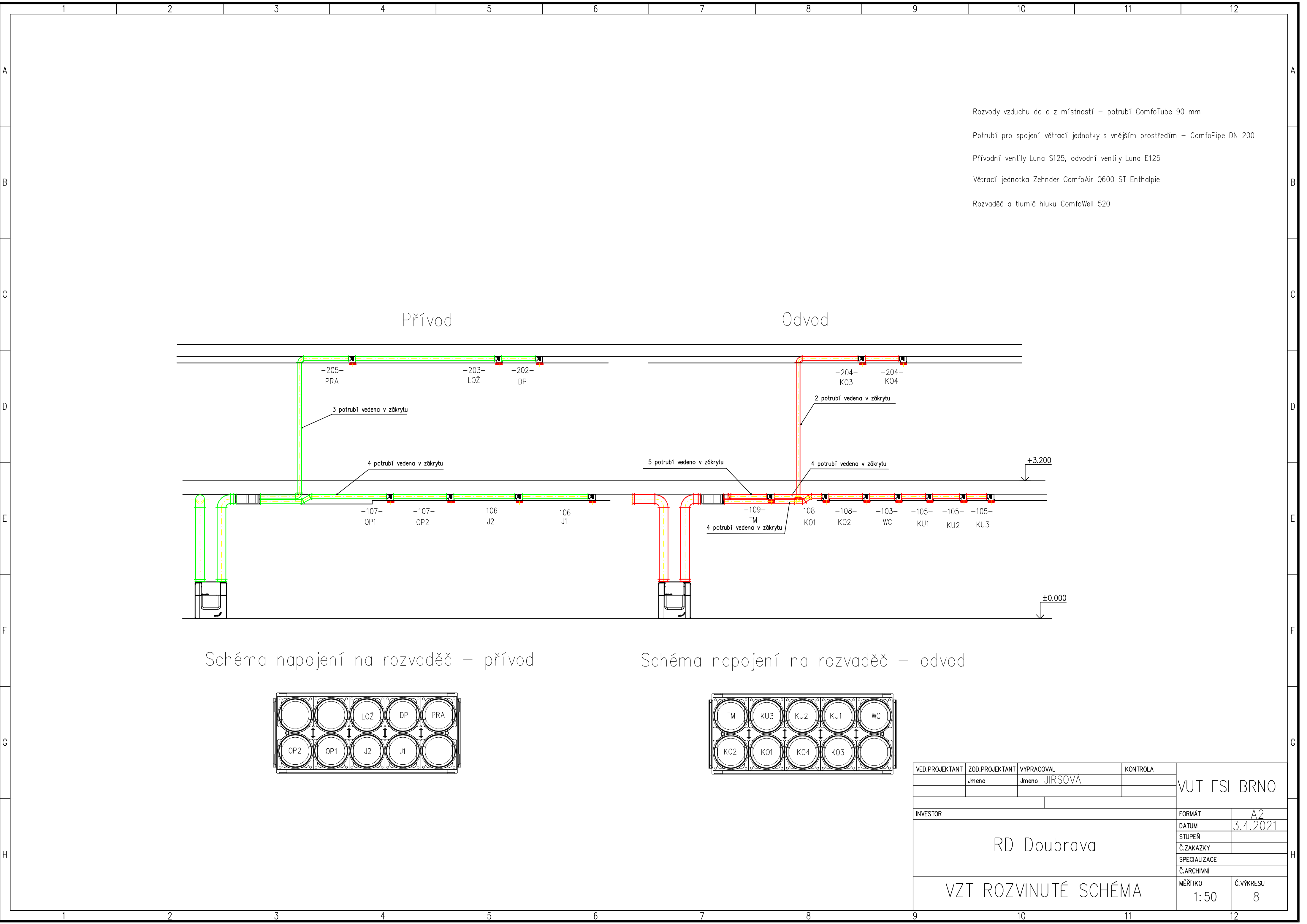
Tabulka místností			
Číslo	Jméno	Plocha	Teplota
-201-	HALA	29,7	20 °C
-202-	DĚTSKÝ POKOJ	16,0	20 °C
-203-	LOŽNICE	19,8	20 °C
-204-	KOUPELNA	10,3	24 °C
-205-	PRACOVNA	12,3	20 °C

2. NP
88,1 m²

- Rozvody vzduchu do a z místností – potrubí ComfoTube 90 mm
- Potrubí pro spojení větrací jednotky s vnějším prostředím – ComfoPipe DN 200
- Přívodní ventily Luna S125, odvodní ventily Luna E125
- Větrací jednotka Zehnder ComfoAir Q600 ST Enthalpie
- Rozvaděč a tlumič hluku ComfoWell 520



VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
	Jmeno	Jmeno JIRSOVÁ			
INVESTOR				FORMÁT	A2
RD Doubrava				DATUM	3.4.2021
				STUPEŇ	
				Č.ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
VZDUCHOTECHNIKA 2. NP				Č.ARCHIVNÍ	
				MĚŘITKO 1:50	Č.VÝKRESU 7



- Rozvody vzduchu do a z místností – potrubí ComfoTube 90 mm
- Potrubí pro spojení větrací jednotky s vnějším prostředím – ComfoPipe DN 200
- Přívodní ventily Luna S125, odvodní ventily Luna E125
- Větrací jednotka Zehnder ComfoAir Q600 ST Enthalpie
- Rozvaděč a tlumič hluku ComfoWell 520

Schéma napojení na rozvaděč – přívod

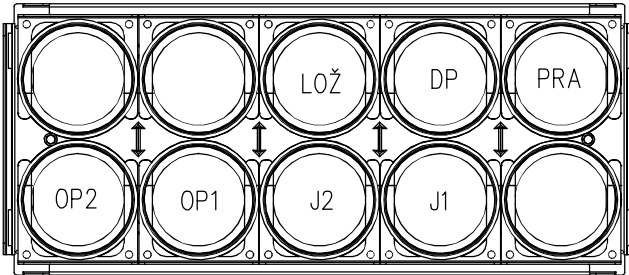
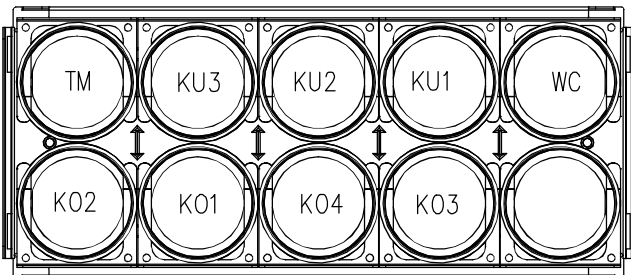


Schéma napojení na rozvaděč – odvod



VED.PROJEKTANT	ZOD.PROJEKTANT	VYPRACOVAL	KONTROLA	VUT FSI BRNO	
	Jmeno	Jmeno JIRSOVÁ			
INVESTOR				FORMÁT	A2
RD Doubrava				DATUM	3.4.2021
				STUPEŇ	
				Č.ZAKÁZKY	
				SPECIALIZACE	
VZT ROZVINUTÉ SCHÉMA				Č.ARCHIVNÍ	
				MĚŘÍTKO	Č.VÝKRESU
				1:50	8